



花粉

百話

〔日〕上野寅朗著 王开发 吕厚远译 北京大学出版社



5-81322
115

花 粉 百 话

——有趣的入门书——

〔日〕上野 実朗 著

(風間書房 1979)

王开发 译 王开发 校
吕厚远 黄仰松



北京大学出版社

24798

中科院植物所图书馆



S0014884

花 粉 百 话

—有趣的入门书—

〔日〕上野 実朗著

(風間書房 1979)

王开发 译 王开发 校
呂厚远

责任编辑：姚梅生

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

1202工厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 32开本 5.375印张 110千字

1988年3月第一版 1988年3月第一次印刷

印数 00001—10000

ISBN 7-301-00279-3/Q. 003

定价：1.76元

目 录

图版目录	1
图版	1
1. 写在前面的话	1
2. 稻叶白兔和花粉（科学神话）	2
3. 美国印第安人的花粉美餐	4
4. 花粉的定义	5
5. 花粉与蕨类孢子	6
6. 花粉的精核与人类的精子	7
7. 雄蕊为什么产花粉	7
8. 花粉研究的三原则	8
9. 花粉研究的历史	9
10. 眼睛可以看见的花粉（眼睛的分辨力测试）	11
11. 可以闻到的花粉芳香	13
12. 最长的花粉	14
13. 显微镜的购买方法	15
14. 准备一个比显微镜方便的放大镜吧	17
15. 用肉眼看得见的花粉团块	19
16. 兰科的花粉和花粉块	20
17. 盲人也能理解的花粉模型	24
18. 纸制的正六面体花粉模型（落葵）	25
19. 油粘土制花粉模型	26
20. 纸粘土制花粉模型	27
21. 石膏制花粉模型	28
22. 花粉剖面模型	31
23. 花粉的纵轴和横轴	31

24. 花粉萌发器官的 NPC	33
25. 花粉萌发器官的数目 (N) 及其演化	34
26. 花粉萌发器官的位置 (P) 及其演化	38
27. 花粉萌发器官的特点 (C) 及其演化	39
28. 花粉管	40
29. 气囊花粉的起源 (周囊型气囊)	41
30. 松科花粉 气囊	43
31. 针枞 (云杉) 花粉	45
32. 松树花粉气囊的作用 (自动阀门装置)	46
33. 松的花粉气囊排除空气的实验	48
34. 铁杉花粉的周型气囊	50
35. 金毛铁杉的有趣气囊	51
36. 没有气囊的松科花粉	52
37. “Y”型印痕之谜	54
38. 泪杉型罗汉松的“Y”印痕	56
39. “Y”印痕与蒙古斑 (臀部上的痣)	57
40. 在松粉中生活的细菌	59
41. 扁柏花粉 (碘酒实验)	60
42. 杉科花粉 (瞬间实验)	61
43. 针叶树花粉的耐干力测试	63
44. 固有种 (地方种) 之谜	65
45. 牵牛花的花粉	66
46. 旋花和葫芦花的花粉	68
47. 爵床科的花粉	69
48. 唐松草花粉的发芽力	70
49. 款冬花粉	71
50. 黑麦草花粉的变异	72
51. 莎草类花粉的变异	73

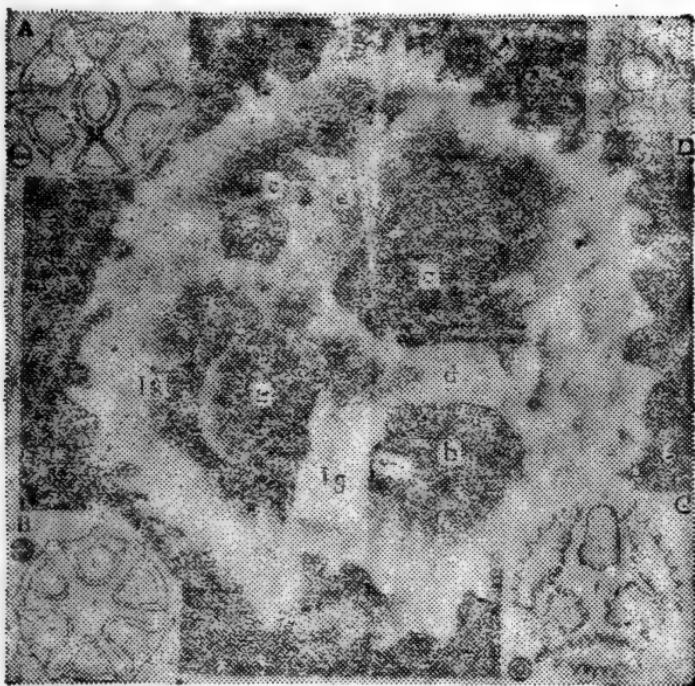
52. 樱草的两型花粉	74
53. 醋浆草的两型花粉	75
54. “炮丸”树的两型花粉	75
55. 先摘帽后发芽的南瓜花粉	77
56. 蓼荷花粉的脱壁实验	79
57. 凤仙花花粉的发芽实验	81
58. 银杏花粉的发芽实验	83
59. 银杏花粉的授粉距离	85
60. 花粉的粒型（从单粒到复粒）	86
61. “男性”花粉和“女性”花粉	88
62. 花粉的性状和染色体的数目	90
63. 加拿大藻大型变种的雌雄四合花粉	91
64. 花粉的“女性”化实验	92
65. 不怕酒精的“男性”花粉	94
66. 有粘丝相连的花粉	95
67. 用糖稀做粘丝模型的实验	97
68. 花、花粉及花粉囊的颜色	98
69. 花粉与化妆	101
70. 花粉色素的作用	102
71. 花粉的彩色纸游戏	104
72. 乙醚清洗过的花粉	105
73. 花粉的淀粉酶实验	106
74. 花粉的过氧化氢酶实验	108
75. 用花粉做开花实验	109
76. 空中花粉的观察	110
77. 地层中花粉的观察（花粉分析）	111
78. 长毛象和花粉	113
79. 海底花粉的观测	115

80. 花粉薄片的制作方法	116
81. 凤媒花粉	117
82. 虫媒花粉	119
83. 丝兰和玉加花蛾（共生关系）	121
84. 无花果和无花果小蜂	122
85. 水媒花粉	123
86. 动物媒花粉	125
87. 闭花授粉	126
88. 粉源植物和蜜源植物 花粉	128
89. 食用花粉	128
90. 花粉症	130
91. 我的花粉症	131
92. 花粉症的诊断与治疗	133
93. 花粉症的预防与对策	135
94. 花粉的核性和系统	136
95. 花粉的使命	138
96. 花粉学的国际动态	139
97. 欧洲的花粉学	140
98. 美国和苏联的花粉学	143
99. 日本和印度的花粉学	145
100. 结束语	147

图 版 目 录

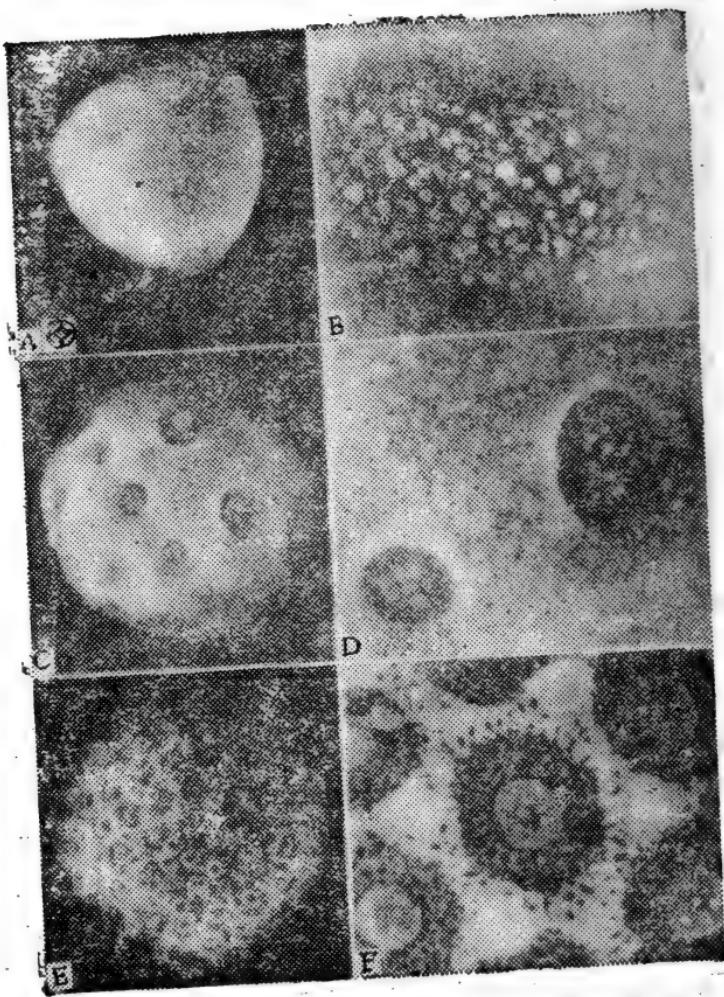
- 第1图 美丽的花粉(1) 蒲公英
- 第2图 美丽的花粉(2) 旋花科
- 第3图 美丽的花粉(3) 宝盖草
- 第4图 种子蕨花粉模型
- 第5图 松型花粉模型
- 第6图 松科花粉
- 第7图 薏荷花粉的脱壁实验
- 第8图 豚草和花粉
- 第9图 杉科花粉

卷之三



第1图 美丽的花粉(1) 蒲公英

桔梗目菊科的蒲公英花粉，直径约0.035毫米。菊科是双子叶植物中最进化的一个科，具有各种形态的花粉。如大丽花、向日葵的花粉，周围布满了突起状纹饰，蒲公英花粉具有漂亮的纹饰构造。这些构造的名称如下：A：赤道观，也就是侧面观；D：一部分萌发孔；B和C都是极面观，即从正上面看到的图像，分别贴上a、b、c…加以对比。a：萌发孔（孔接凹部）；b：孔隔凹部；c：孔侧凹部；d：孔侧隆起；e：赤道隆起；f：加厚；lg的箭头指向凹部中间隙。如果参考图版，在低倍的显微镜下也能找到这些精巧的构造。（见扫描电子显微镜照片）参考第23讲。



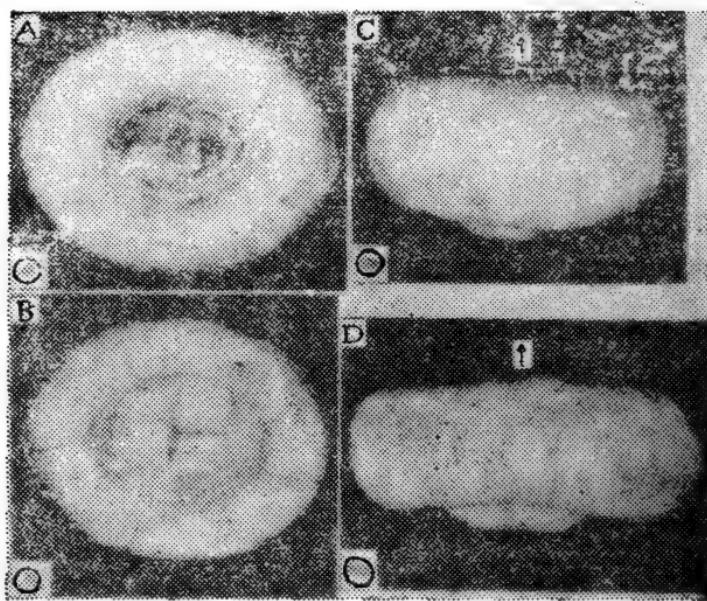
第2图 美丽的花粉(2) 旋花科

在我们的周围生长着许多唇形目旋花科的植物。旋花科在双子叶植物中是一个比较进化的科，即使同一个科的花粉也有种种不同的变化特征。把旋花、牵牛花、茑萝对比一下。A、B：栽培的西洋旋花花粉，有3条萌发沟，直径0.06毫米；C、D：野生旋花花粉，有大约30多个萌发孔，直径0.08毫米；E：栽培的茑萝花粉，有200个左右的萌发孔，花粉直径0.1毫米；F：栽培的牵牛花花粉的萌发孔部分，约有100个萌发孔，花粉直径0.2毫米。牵牛花和茑萝极为相似，茑萝的突起，头部膨胀成圆球形；而牵牛花的突起头部没有膨胀。如果能再对比一下甘蓬花粉就比较全面了。（见扫描电子显微镜照片）参考第23, 25, 45, 46讲。



第3图 美丽的花粉(3) 宝盖草

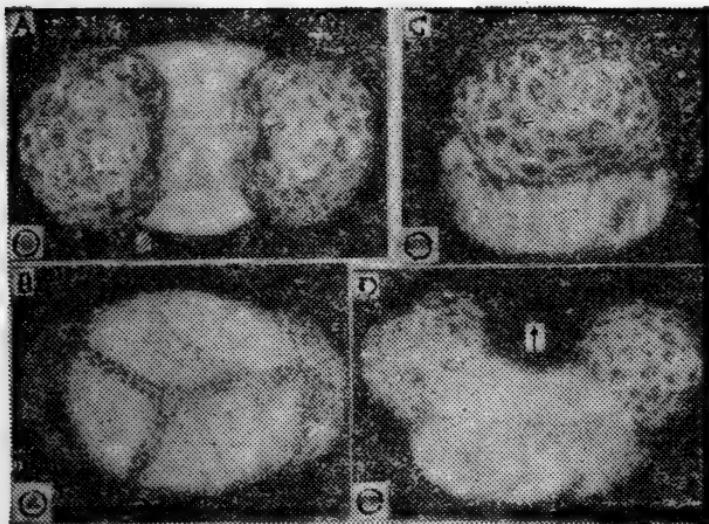
蓼目石竹科是比较原始的，与毛茛目毛茛科比较接近。这个石竹科的宝盖草是栽培植物，干燥的时候具有5角形的面，形成一个美丽的正立方体形，在每个5角形的中央长有一个萌发孔，孔的口盖上具有疣状纹饰，另外在正5角形的隆起上面长有小刺。花粉直径0.04毫米。在光学显微镜下要观察干燥的花粉，如果加上水或油，花粉就会吸水而变成球形。（见扫描电子显微镜照片）



第4图 种子蕨花粉模型

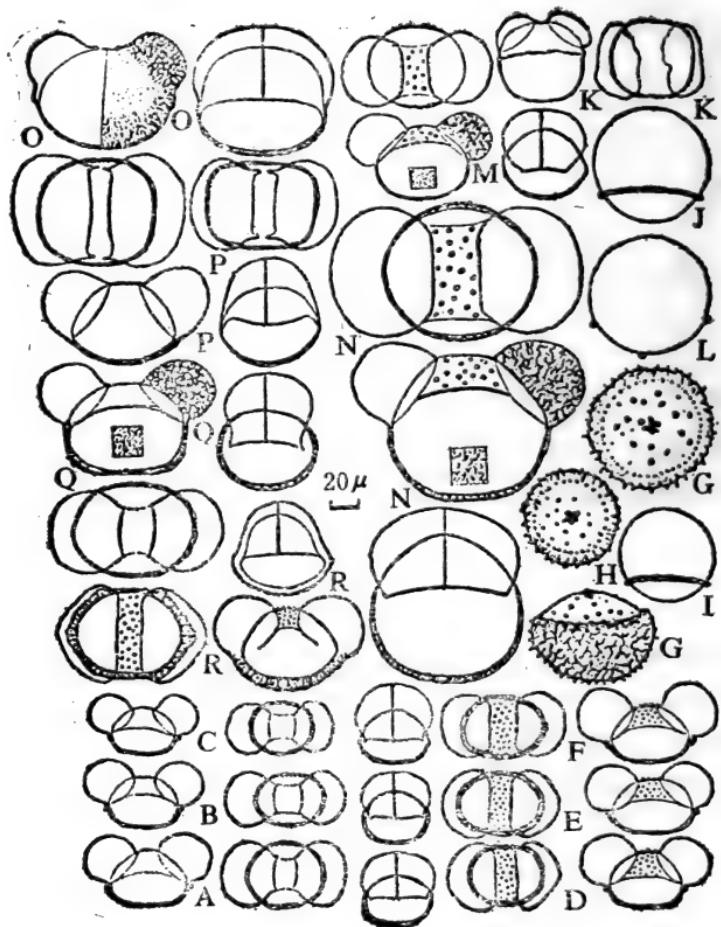
该图是根据种子蕨化石花粉照片复原的石膏模型。种子蕨是生活在3亿年前的古生代石炭纪球果*植物的祖先之一，花粉本体被一圈气囊包围起来。A：腹部萌发沟；B：背部和“Y”印痕，箭头指向为花粉管的生长方向。参考第21, 27, 37讲。

* 所谓球果，是指松塔状的果实。裸子植物中可以生出球果的植物叫球果植物，象松、罗汉松、杉、柏等科。



第5图 松型花粉模型

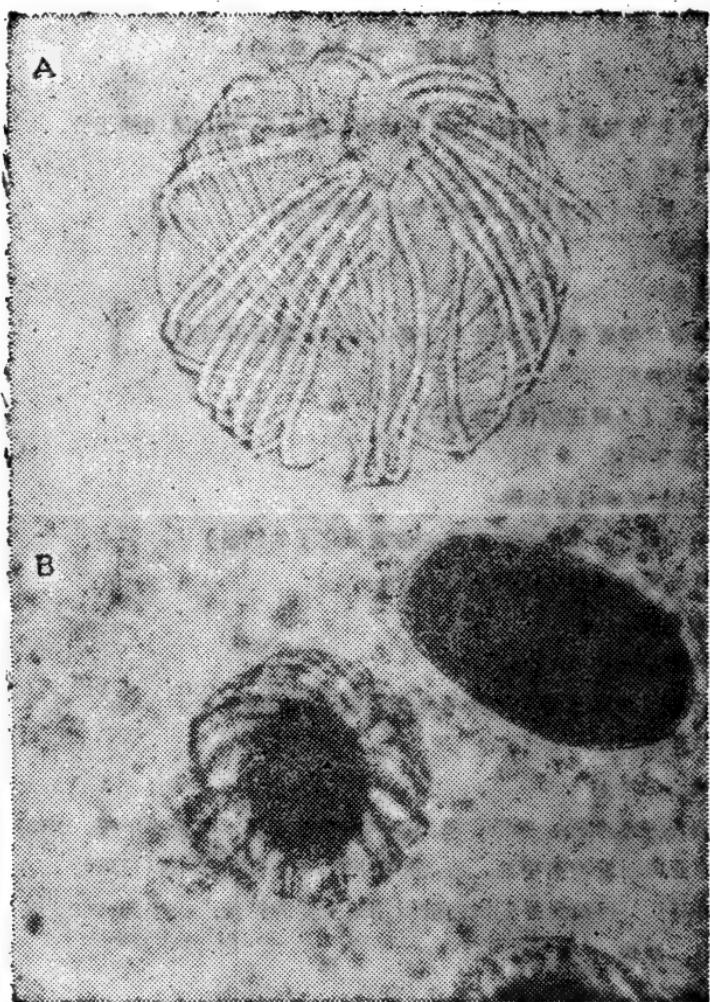
球果植物中绝大部分的松科和罗汉松科花粉本体两侧生有两个气囊，如果这些气囊把本体一周包围起来，就变成了种子蕨型的花粉（第4图），也可以说是由于种子蕨进化而来的。松科的冷杉花粉背后有“Y”印痕，箭头指向花粉管的生长方向。参考第23，30，37讲。



第6图 松科花粉

松科是北半球最大的重要的裸子植物，图上表示出8属18种花粉。

- A: 球果松
- B、C: 黑松（为生长在低地的单维管束亚属）
- D: 卧藤松
- E: 宽皮松
- F: 朝鲜双维管束松（为生长在高山上的双维管束亚属）
- G: 多形铁杉
- H: 铁杉（为真正的铁杉亚属）
- I: 兴安落叶松
- J: 落叶松（参考第36讲）
- K: 金毛铁杉（金毛铁杉亚属，注意退化了的气囊）
- L: 日本黄杉（参考第36讲）
- M: 金钱松
- N: 油磨杉（硬松）
- O: 针松（虎尾云杉）（具有气囊固着于体的特征）
- P: 八岳云杉
- Q: 大白叶冷杉
- R: 喜马拉雅雪松、赤松、黑松等单维管束亚属，萌发沟平滑；而卧藤松等双维管束亚属萌发沟有平面、有突起纹饰。这是1958年上野报导的，在花粉分析中（第77讲）目前世界范围内被引用的重要的特征，大小为0.02毫米。参考第30, 32, 33讲。





第7图 薜荷花粉的脱壁实验

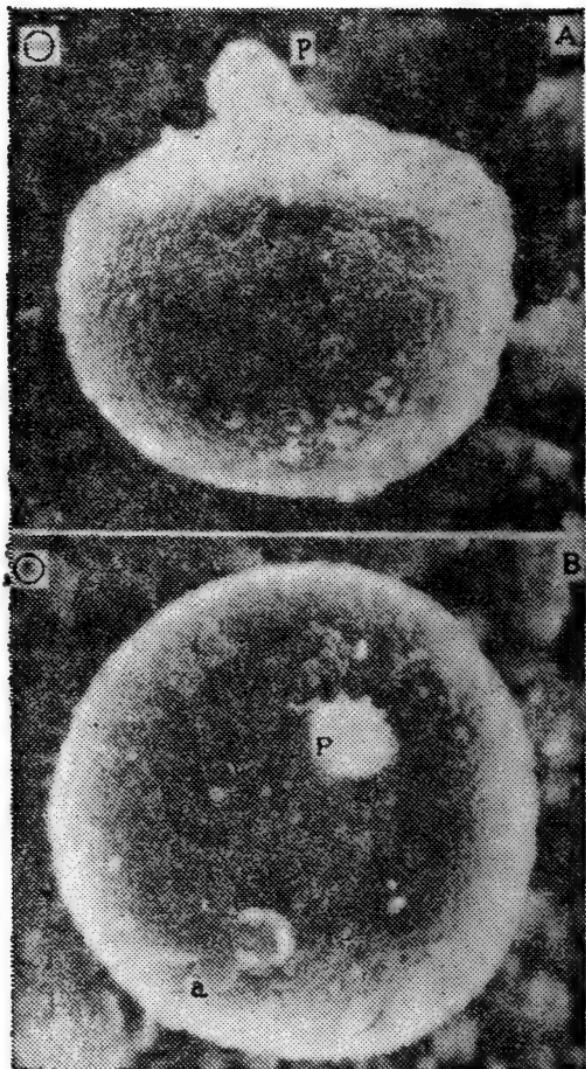
薔荷是薔荷目薔荷科的栽培植物，一般药房有售，是一种比较合适的研究材料。

到了夏天，薔荷抽芽吐绿，出蕾开花，但它的好景不长，花只开一天，就枯萎凋谢了。因此，要在它含苞待放的时候，观察它的花粉特征。在花粉上滴上弱酸（如稀释的盐酸），花粉里面的细胞质一下子就能脱溜出来，只剩下一個外壁，这个过程叫脱壁。A：脱掉的花粉壁，B：细胞质被碘咯染成了红色。有的花粉只有薄薄的一层外壁被溶解掉，也有的花粉可以溶解到内壁，看上去象网状的是外壁较厚的部分。菊科大丽花等植物花粉可以简单地脱壁；杉和柏的花粉只要用水就可以很容易地把壁脱下来。做一下各种各样的花粉实验是很有趣的。参考第56讲。



第8图 豚草和花粉

桔梗目菊科的豚草是引起花粉症的臭名昭著的要犯，原产于北美，1880年（明治13年）迁移到横滨，现在关东、关西地区较多，在东北和北海道还没发现，是一年生的草本植物；大的可高达2米多，不过一般只有1米左右。花期从8月末开始到10月初结束，花粉直径0.02毫米。尽管个体不大，但数量一多，其变态反应的危害，人们是难以招架的。在日本不少花粉症的受害者，需要特别注意。参考第90，91讲。



第9图 杉科花粉

这是日本特产的球果植物杉科的水杉花粉，直径约0.03毫米，p是乳头状突起，从这里吸水破裂，破裂后花粉里面的物质全部泄溢出来（第41，42讲）。A是从侧面拍摄的照片，B是从正上方看到的情况。花粉的横、纵（长、宽）在第22讲中做了说明。在花粉的表面粘附着一些小球状的和一些带状的附着物（a），这些都是花粉母细胞分裂崩溃时的残留物。杉树冬天（12月—2月）开花，成熟之后，大量的花粉汇聚起来，形成缕缕黄色的烟雾，四处漂散。这也是在日本形成花粉症的原因（第90讲）。（见扫描电子显微镜照片）



1. 写在前面的话

从大正末年到昭和之初，正是我的中学时代。当时，科学杂志社有一位编辑，名叫原田三夫（1890—1977年），是一位理学学士。他用通俗易懂妙趣横生的文笔，在我们这些孩子的心中播下了科学的种子。那个时候还没有电视机，只能从阅读每月一刊的杂志中获得乐趣；如果能象现在这样，有这么多图鉴、参考书、辞典、收音机、电视机任意选择的话，我想我大概会着迷的。我也曾几次为 NHK^{*} 科学知识节目写过花粉知识的广播稿，编辑人员巧妙的编排，出色的工作，也实在令人敬佩。然而只了解一点观察自然的方法是不够的，重要的还是要自己能够手摸其形，鼻闻其香，舌尝其味，眼观其色。

自然界本身的变化几乎是难以觉察的，特别是我现在要给大家介绍的花粉世界，和一亿年前没有什么两样。本书希望通过简便、趣味、通俗易懂的学习方法，来探索这古老的花粉秘密。

昭和十二年，我考入了京都帝国大学理学院植物学专业学习。四十年来一直在进行花粉学方面的研究，其中有些成果，如果让孩子们做的话，也是轻而易举的事，关键在于实验和思考的方法。那么，什么年龄的孩子比较适合于干这类事情呢？小学生年龄太小，或许还不会使用显微镜，高中生又会模仿着大学生的样子故作姿态；因此，这本书旨在作为

* NHK即全日本广播电台（译者注）

中学生水平的实验入门书。另外还有一个理由，就是本人长期担任读卖新闻社学生科学奖静冈县审查委员会会长以来，中学生的作品愈加生动，非常活跃。为了满足孩子们旺盛的求知欲，中学老师，学生家长，应该从各方面为他们创造条件。但考虑到，中学老师终日劳碌，非常辛苦，而且至今还不曾有过花粉方面的中学生参考书。因此，在我即将离开静冈大学的时候，写了这本书，想把这点“土产”作为礼品送给同学们。书中的顺序大体是按照内容系统编排的，共收集了一百个有趣的话题，故名之曰：百话。在我做日本花粉学会会长近二十年的时间里，所见所闻，都成了这本书的重要参考资料。

同学们，如果你想参观我的大学研究室，观察标本、照片和模型，还想听到我给你们讲解的话，就请你打开这本书吧。

2. 稻叶白兔和花粉（科学神话）

大家都知道稻叶白兔的传说吧，这个故事和花粉还有些联系呢。

从前，有一只从鳄鱼的魔爪下逃生出来的小白兔，只见它皮开肉绽，鲜血淋漓，痛哭不止。一位过路的恶神心术不良，他欺骗小白兔说：“你用海水泡一泡，再吹吹海风就好了。”小白兔信以为真，就按他说的做了，结果，不用说更加疼痛难忍，禁不住放声大哭起来。不久，来了一位过路的财神，告诉小白兔说：“你先用淡水把海水冲洗干净，然后用长在水沟边的香蒲的蒲黄包住伤口就好了。”所谓蒲黄，在中药

中就是生长在蒲棒上的黄色花粉，香蒲花粉的蛋白质中，含有止血成分芸香苷（芦丁），稻叶白兔用蒲黄治好了伤口，就是由于芸香苷起了作用。（第17讲）

有时候常常搞不清楚香蒲的穗和香蒲的穗绵是怎么回事。白色的穗绵是雌花的花序，和小白兔的毛极为相似，甚至让人难以区分，但是穗绵并没有止血作用。记载这个神话故事的古书中，的确写着蒲黄二字。香蒲是初夏开花的，这个故事大概也应该发生在这个季节吧。

大家也可以收集到香蒲的花粉。香蒲花序的上部是雄蕊，下部是雌蕊。把上面的雄蕊采集下来，集中在纸上凉干，用小孔的筛子或用红茶绵纸袋筛掉其中的杂物及花的残渣，只收集淡黄色的花粉；凉干之后，放入广口瓶或封筒中，假如能放在干燥的冰箱中，就能长期保存使用了。

有了蒲黄就可以做止血实验了。不管是人还是小狗、小猫、小鸟、小兔，如果受伤出了血，先用水局部清洗干净，撒上蒲黄，蒲黄吸血后，很快就固结起来，不久血就可以止住了，伤口也治好了。

不过请你记住，谁要是因打架斗殴而受的伤，那就活该受苦，不必给他止血。当你在大剧院看戏时，如果有一位小伙子，不小心滑倒擦破了皮肤，请你不要珍惜自己的灵丹妙药。不消说，日本也有这种现象

说来也奇怪，古人怎么知道香蒲花粉可以止血呢，我认为应该追认那一位财神为日本花粉学会的第一号名誉会员。

这个故事，已经流传很久很久了，在中国古老的《本草纲目》这部科学巨著中，早已记载了有关花粉的功能。可以设想，那位财神就是掌握了这个方法的中华民族的子孙，后来

由中国大陆经过朝鲜半岛，来到日本海的另一侧，在这里安居乐业，发展成了一个新的民族。

如果从这个角度来看，不仅为这个神话传说找到了科学的证据，而且对于民族学的研究来说，也是一个难得的有趣的而且珍贵的资料。

不过须要注意的是，过多地吸入了蒲黄花粉，是要引起花粉症的。（第90讲）

3. 美国印第安人的花粉美餐

在美国有一个名叫那巴奥的印第安人部落，他们食用的鲜美的食物，可以在花粉学方面给我们许多启示。美国印第安人的主食是玉米，从没品尝过面包、大米、小米是什么滋味。他们用木棒在干旱的荒野里插出一个一个的小孔，向里面丢几粒玉米种子，等玉米长大成熟之后，磨成玉米粉；在玉米粉中加上水，做成扁平的玉米饼；煮熟之后，再撒上玉米花粉食之。这和静冈县名产《安倍川年糕》有些相似，《安倍川年糕》上面撒的是黄豆粉。撒上玉米花粉的玉米饼子，它的营养价值就大大地增加了。玉米花粉有很高的营养价值。

玉米从六月份开始抽穗开花，雄蕊在上，雌蕊在下，和香蒲的花很相似。它们都是风媒花，为了让花粉散落到雌蕊上，这种上下安排是很巧妙的。

收集玉米花粉也不是多么困难的事，如果用手碰一碰玉米的雄蕊，若有黄色的花粉散落下来，说明花粉很快就要成熟了，可以把雄蕊收集在清洁的纸上。为了防止花粉随风飞

扬，最好从上面盖一张大的报纸，二三天后下面的纸上就会落下许多花粉。把这些花粉收集起来，用红茶绵纸袋过滤好，得到干净的花粉。

如果收集得法的话，大概可以采集到1公斤左右的花粉，可用一个大的纸袋包起来，不妨趁花粉正鲜，尝一尝那巴奥人的风味小吃。后来，日本曾流行在玉米花粉中掺入砂糖代替黄豆粉制做《安倍川年糕》，这种那巴奥式的《安倍川年糕》味道不错吧？如果把花粉加入咖喱饭或加入蛋糕中，大概也是耐人寻味的。

花粉存放的时间长了，容易发霉或生虫子。要尽可能使用干燥剂使花粉得以干燥，可分批放入冰箱中保存起来；如果万一发霉或生了虫子，就不能再食用了。

世上种玉米的人多，而吃玉米花粉的人少，请你务必设法品尝一次。有关食用花粉的内容还要在第89讲中介绍。

4. 花粉的定义

如果给花粉下定义的话，一般要具备以下几个条件：

- (1) 是花粉囊中产生的；
- (2) 具有母体植物一半的染色体；
- (3) 有授精能力。

(1) 并不是所有的花粉囊中都能含有花粉，有的花粉囊是空囊，有些花粉囊则变成了花瓣状的化生雄蕊（又叫退化雄蕊）；如牡丹花、睡莲花中，有些雄蕊变成了花瓣的形状，不再生育花粉，这种雄蕊称之为化生雄蕊。严重的时候，有些雄蕊变成了雌蕊，象十字花科的桂竹香，雄蕊不但不生育花

粉，甚至连形状都模仿雌蕊。还有的是被病菌侵害后变成假雄蕊，象石竹科的白石蒜，完全是雄雌异株植物。但是雌蕊上如果寄生了黑粉菌属的黑穗菌，雌花中竟然会生出雄蕊来，形成了异常的两性花。不过这种雄蕊的花粉囊中并没有花粉，只不过是塞满了黑穗菌的黑色孢子而已，子房也变小了。

(2) 作为例外的情况：象无子西瓜之类的三倍体植物，由于三倍体无法再分，不能生产花粉；最近有些利用烟草和水稻的花粉人工培植的植物体（第75讲），由于含有一个倍体无法再分，即使开花，也不会生出花粉来。一个倍体也叫半数体，一般的植物是2倍体的，生出的花粉就应该含有一个倍体。

(3) 也有许多例外的情况，象退化的药蒲公英花粉失去了发芽机能，伸不出花粉管。这种情况下，要依靠雌蕊的单性生殖，即不需要花粉来制造种子就可以繁殖。这种花粉失去了授精能力，不能称之为花粉。曾经发现遗传规律的曼戴洛认为：只要是花粉都应该具有授精能力。开始他用豌豆进行实验获得成功，接着他用伞花山柳菊（菊科）进行实验失败了，因为伞花山柳菊是单性植物，它的花粉没有授精能力。

5. 花粉与蕨类孢子

蕨类植物的根、茎、叶可统称之为造孢体，因为这类植物是由叶子生产孢子的。孢子中有同型孢子和异型孢子两种类型。象蕨属、木贼、石松、松叶兰等植物的孢子都是同型孢子。

孢子发芽后，形成具有雄、雌生殖器官的同株配子体。然而日本卷柏、漂浮槐叶萍、满江红、卷柏、水韭等植物生出的孢子，有大小两个类型。大孢子形成雌性配子体，小孢子形成雄性配子体，分别长成株状配子体，这就是异型孢子。雌性配子体中生有卵细胞，期待着雄性配子体授精受孕。

花粉类似于小孢子，花粉管（第28讲）相当于雄性配子体，精核相当于精子，生产小孢子的叶子则相当于雄蕊。

6. 花粉的精核与人类的精子

有人把花粉想像成人类的精子，这是不对的，只有通过花粉管游入子房卵中的精核，才能和人类的精子相提并论。

人类的精子中有男性精子和女性精子之分，男性精子和卵结合，生成男孩；女性精子和卵结合，生成女孩。花粉同样也能孕育出男性精核和女性精核，这些内容我将在另外的话题（第61,62讲）中向大家介绍。

这样看来花粉到底和人类的什么器官相对应呢？似乎人体中没有和花粉相对应的器官，植物和动物是有区别的。然而花粉毕竟是高等植物的生殖器官，花粉的精核竟能够象精虫那样肆意游动。我将在第58,99讲中介绍一点银杏和苏铁的花粉精核的罗曼史。

7. 雄蕊为什么产花粉

这个问题貌似简单，其实不然，这里也只能说个大概。前面说到：花粉相当于蕨类植物的小孢子（第5讲），雄蕊

相当于带有小孢子的小孢子叶。蕨类植物有两种叶子，不带孢子的称之为裸叶，带孢子的称之为实叶，并且实叶中还分为带有大孢子的大孢子叶和带有小孢子的小孢子叶。种子植物（如松、蔷薇）的花都是由这些实叶进化来的，因此无论怎样漂亮的花，它的雄蕊的祖先都应该是蕨类植物的小孢子叶。具有雄蕊和雌蕊的花，它的花粉总是由雄蕊来生育的。

但是有的雄蕊或者是过于进化，或者是发生了退化，并不生育花粉。如夏秋开花的鸭跖草（鸭跖草科），它的花具有典型的退化特点，它除两枚蓝色的花瓣外尚有一枚退化的无色的花瓣，生长有六个雄蕊，其中只有两个长的雄蕊产花粉，中间一个长的雄蕊和三个最短的雄蕊都已经退化。

鸭跖草是大家熟悉的一种植物，它的花美丽而逗人，请你一定细心观察一番。我为了给大学生讲课，曾用一张报纸做了一个大型的鸭跖草模型，大家不妨也做一做试试看。

8. 花粉研究的三原则

将来进行花粉研究的时候，选择什么样的花粉样品作为研究对象，是一个很重要的问题。开始大家或许认为向日葵的花长得很大，它的花粉也一定不小吧。其实它的花粉小得可怜，看了之后让人大失所望。那么研究什么样的花粉比较合适呢，这里有三个重要的原则。

第一个原则：研究随时随地都容易采集到的花粉，也就是说生产这种花粉的植物，无论生活在庭院、田地，还是生活在原野、花房，它都能安居乐业，生机勃勃。尽可能选择一些花期长的植物的花粉就更方便了，象夏天的牵牛花，南

瓜花等（第2图）。

第二个原则：尽可能研究产量丰富的花粉。有些植物的花只能生产出极少量的花粉，如堇菜和荞麦植物，一个花粉囊中最多只有十粒左右的花粉，做为研究对象是不合适的。然而象松树和玉米，稍微摇动一下它们的枝茎，就会飘落下一片黄色的花粉。还有山茶、牡丹及百合植物，只要用手沾一点它们的花蕊，就会满满地粘上一层花粉，这些植物的花粉，作为研究对象应该说是很合适的。

第三个原则：尽可能研究大型的花粉，有些个体很小的花粉，即使用100倍的显微镜也难以观察清楚。然而有些大型的，大小在0.1毫米以上的花粉，在100倍的显微镜下，看上去就有10毫米大小。在观察花粉的形状和构造的时候就方便多了，因此最好避开小型的花粉。

百合、木槿、玉米、牵牛花、冷杉等花粉的大小都在0.1毫米以上；南瓜、夜来香等花粉的大小在0.2毫米以上；蘘荷和菖蒲的花粉大小达到0.2毫米以上。这样的大型花粉，在300倍的显微镜下，可以仔细地观察描述，甚至还可以从容不迫地在记录本上画下花粉的素描图。说起来，要是能够悠然自得舒舒服服地画一个花粉素描图，那实在是一种享受。

考虑到这三个原则，就可以研究花粉了。研究工作的起点是很重要的，开始时不要研究那些很小的花粉。我衷心希望在你满怀信心进行研究的时候，不要忘了这三个原则。

9. 花粉研究的历史

花粉研究是怎样发展起来的呢？大约在公元前300年的

时候，古代大学者亚里斯多德对花粉还是一无所知的，不仅如此，他还犯了一个不小的错误，别人问他动物和植物有什么区别？他回答道：“有雌性、雄性区别的生物是动物，没有雌性、雄性区别的是植物。”但是，人们凭经验很早就知道有的枣椰子树结果，有的不结果。并且早在公元前800年的时候，人们已经考虑到对枣椰子树进行人工授粉的可能性，但是亚里斯多德对此持否定的态度。不过亚里斯多德的弟子苔奥拉斯塔看到过对枣椰子树的人工授粉，他照顾到老师的面子，对植物的雄性和雌性做了如下说明：“仅有雌性植物的情况下，是不可能从胚胎以至于从种子中生出小的植物体来的。”（也就是说：意味着是存在着雄性和雌性植物的。）直到后来，有一位名叫哈班（1651）的学者甚至还在认为“所有的生物都是卵生的”（就是说和雄性无关）。真正能观察到花粉，还是在福克（1667）发明了显微镜之后。据说最早用显微镜观察花粉的是玛鲁毕基和古郭（1682），遗憾的是没有留传下来他们观察的草图。玛鲁毕基不仅是一位闻名的玛鲁毕基管的发现者，而且还是位专业的动物生理学者。他了解到动物体内具有卵，并且每隔一段时间就被排泄出来；由此他曾错误地认为，从花的雄蕊上漂落下来的花粉也是一种排泄物，用稍不文雅的话叫做“花粪”。据说，现在的花粉曾一度被考虑成花粪之类的东西。这是学者们的一个有趣的失误。今天无论谁也不会认为花能生粪。

加曼拉里乌斯（1694）经过研究认为：桑、蓖麻、山靛等植物的雄花和雌花分别生长在不同的植物体上，以示植物有了性的区别。并且，库莱德伊（1749）把在莱比锡^{*}植物

* 东德的植物园（译者注）

园采到的雄花巧妙地给柏林植物园的雌性枣椰子树进行了人工授粉，使植物结了果实。就这样逐渐认识了花粉的形态和作用。

花粉研究也是伴随着许多人的失败和错误逐渐发展起来的。大家从事研究工作的时候，也会有一个这样相同的过程，所以当你有了困难或遇到失败的时候，请不要泄气，要顽强地坚持下去。

所谓枣椰子树是椰子树的同僚，生长于伊朗等沙漠地带。它的果实形状就象个枣子，味道甜极了，是世界上重要的食料。在日本有干的枣椰子出售，可以尝尝看。我从伊朗朋友那里得到了枣椰子树的花粉，用这些花粉成功地给一棵具八十岁高龄的雌性枣椰子树人工授粉，长出了果实。这棵树现位于热海市新富士屋饭店的前面，被指定为天然纪念物。

10. 眼睛可以看见的花粉（眼睛的分辨力测试）

花粉真的就象我们想象的那样小吗？实际上小型的花粉也是有的，例如，薑菜科的半夏生是一种在水边生长的多年生草本植物，它的花粉小得可怜，只有0.01毫米大小；秋海棠和樱草的花粉大小也不超过这个级别。但是大型的花粉也是有的，象菖蒲和蘘荷的花粉有0.2毫米大小，木槿、牵牛花、南瓜等花粉也有0.15毫米左右。

这样大型的花粉用肉眼就可以一粒一粒地区分开了，在手指尖上粘一点花粉，轻轻搓一下，观察粘在手上的被捻开的花粉，可以测试肉眼的分辨能力。

这往往是自己也不曾注意的能力测试，是一种非常有趣的游戏。首先是测试自己的肉眼能看到的最小范围是多少，为了更正确起见，可先画一段一毫米长的直线，然后再试着把它若干等分，具体做法是这样的，用削细了的铅笔尖或针尖在一毫米的范围内点出几个等间距的点。眼灵手巧的人大概可以五等分，一般的人都可以三等分。能五等分的人的肉眼能够分辨的间距为0.2毫米，这个人的分辨力也就是0.2毫米。

所谓分辨力就是能够分辨出两个点的最短距离，如果一毫米的长度看上去有两毫米大小，就是放大到两倍。我们在观察极微小的物体时，还要借助于显微镜，它可以放大到几百倍，这是眼力所不能及的。然而显微镜有一个不可忽视的问题，那就是显微镜能够清清楚楚观察到的最小范围并不是不受限制的，换句话说也就是分辨力问题。如果看上去模模糊糊，即使物像再大，也是徒劳的。进一步说：无法进行正确观察的显微镜，简直就是一个废物。买显微镜的时候不要被它的放大倍数所蒙蔽，有的放大倍数并不大，但只要物像清晰，就有买的必要。（第13讲）

下面我们做一个用肉眼观察花粉的游戏，选择一些大型的花粉进行观察。象夏天开花的南瓜、牵牛、木槿的花粉都是比较合适的。把这些花粉尽可能均匀地撒在画有一毫米规格的方格纸上，在花粉均匀分布的地方，数一数一平方毫米的范围内有多少个花粉。如果是平均0.15毫米大小的花粉，在一平方毫米的范围内最多只能分布6个花粉。根据这个道理，用肉眼来测量花粉的大小是切实可行的，大家可以试试看。

应该说小学生和中学生的眼力是很好的，用前面讲到的眼睛分辨力的测试方法，做一次和年长的老师、老人比眼力的游戏，一定是非常有趣的。在家里你可以和自己的爷爷、奶奶、爸爸、妈妈、兄弟、姐妹一起借助于显微镜来做这些快乐而又科学的游戏，随便提示一下，不要忘了观察花粉的大小和颜色。

11. 可以闻到的花粉芳香

前面讲了，我们可以用肉眼来观察花粉的颜色和大小，然而花粉还有没有什么气味呢？如果有的话，那又该是怎样的一种气味呢？这里有一个有趣的实验。

把稻子花粉收集在一个小碗里，这些黄色花粉团的大小一般在1—2毫米左右。用手把这些花粉搓揉一番，再放在鼻子下面闻一闻，你就会闻到一股麦秸的清香味。所谓麦秸的清香味，是稻、麦一类作物所具有的一种香型。连花粉也能散发出稻子的清香味来，这是一般人所不知道的。嗅觉灵敏的同学可以在稻花盛开的时候，用手擦揉一点花粉，享受一下这浸入肺腑的清香。

既然连花粉也能散发出母体植物的清香来。我们不妨留心检验一下，以产量丰富而闻名的玉米花粉，会不会也能散发出玉米的香味呢？还有香味浓郁的百合花，它的花粉会不会也能清香四溢呢？人们熟知的花果香甜的植物，如蜜桔、苹果、梨、草莓以及梅花、桃花等都具有很好的香味。这些花果的香味凭回忆都是可以感觉到的。在没有其它香味、香水或烟杂气息的清雅的房间里，用手指搓一点收集到的花

粉，闻一下它的香味，这也是对你闻觉的一次测试。也许你还会发现别的秘密，那就要向你请教了。

在桔子花盛开的季节，酿制出来的蜂蜜也带有清雅的桔子气息。看来有必要搞一点蜜蜂搬运的花粉团，观察一下花粉从中起什么作用？在蜂蜜店里花粉团是作为可食用的自然花粉来出售的（第89讲）。我从兵库县蜜蜂专家三木顺先生那里得到了一些稻子花粉团，因此闻到了稻子花粉的清香气味。

12. 最长的花粉

我要讲的这个长长的花粉足有3个毫米大小，不仅可以用肉眼清清楚楚地观察到它的形态，还可以用尺子测量出它的长度，它怎么会长得这么长呢？不但这个植物的花粉特别长，而且它的名子也是最长的。至今还没有用过21个字母组成的植物名称^{*}，它的别名叫海藻或者叫藻盐草，是眼子菜科（单子叶植物）的海生显花植物，这是一种样子象藻的海草，是在水中开花的。说起海盐草，相传有一首“百人一首”的古代歌谣是这样唱的：“海藻一燃烧，盐粒就得到”。这种在海水中生长的多年生草类，全是淡绿色的带状植物，带子的宽度一般在1厘米左右，长度可达到1米以上。

初夏（5月份），在小巧绿色线形的“竹刀”状的植物体上，开满了丛丛小花。雄花和雌花都没有花瓣，雄花中生长着3毫米长的纽状花粉。由于花粉具有和海水一样的比重

* 日文名 リュウグウノオトヒメノモトユイノキリハズシ，意思是龙宫公主发髻上剪下来的青丝（译者注）

和渗透压，可以在海水中悠然漂荡。花粉一旦和雌蕊相遇，就会伸出花粉管使雌蕊受精。

我们知道松和玉米都是风媒植物，而海盐草却是一种水媒植物，为什么给海盐草起了一个那么长的名子呢？原因是由于海盐草的茎部容易折断，常常漂浮于海水之中，那绿色的扁平状条带，很象宫庭里贵妃们扎在头上的漂亮动人的发髻。这种花粉没有坚固的外壳，主要是因为难得风吹日晒，有个外壳也是多余的。在生长花粉管的发芽口处只是一个肿胀的突起，构造十分简单。我曾经用电子显微镜对这类花粉进行过超微薄片的观察，发现在水中生长的植物花粉周围都是被很简单的薄膜包围起来的，没有为防止干燥而设置的坚固厚实的外壳。

这种海盐草所属的眼子菜科的眼子菜植物，一般是生长在水田和池塘内的多年生草类植物。它们可以在水面上开花，而海盐草长期生活在海水之中，完全改变了它原来的形态和特性，也可以说是变得更加适应生活了。

暑假里，当你漫步在海边，大概可以看到被涨落的潮水或海浪搬运到海岸的海藻吧。遗憾的是海盐草只在五月份左右开花，到了八月份已经看不到花的踪迹了，不过只要你记住它那长长的名子和花粉也就可以了。

13. 显微镜的购买方法

一到暑假，常常在商店里看到有的小同学为了观察大自然的奥秘或者为了搞点理科研究之类的课题，乞求着母亲为他买一台显微镜。售货员在旁边听到后，便热心地推荐买一

台高价的高倍显微镜。说起来这样的高倍镜真的就好吗？至少我是不会购买那些带着许多交换镜头的样子象玩具的显微镜的。做父母的把1000倍昂贵的显微镜和400倍的价格便宜一点的显微镜比较一番，最后决定既然要买还是买个1000倍的吧，不管它是否合适。这样做是不可取的，因为显微镜的精髓在于它的分辨能力，而不是放大倍数。象孩子们用的玩具显微镜，即使放大到1000倍，也只能是看到朦胧的一片。放大倍数和分辨力之间并没有对应的关系。如果分辨力达到要求的话，400倍的放大镜足以明察秋毫了。

为了领悟其中的道理，我们不妨把显微镜想像成立体收音机。所谓400倍和1000倍的放大倍数相当于收音机的音量的大小；分辨力则相当于一个收音机能否使音质再现或者能否分离出准确而优美的声音的能力。购买收音机自然要选择音质优美的，而没有人购买那些带有杂音的走了调的，同样，只注意显微镜的放大倍数，就很难排除有的显微镜其放大物像不清晰的缺陷。

因此在百货公司或在专门的商店购买显微镜的时候要询问一下这方面的问题，问一问：“这台显微镜的分辨能力是多少。”如果能得到正确的问答和说明的话，则是值得信赖的。然而在日本能够准确回答的人是很少的。不过大家读过我这本书后，我想大概是可以胜任的。对于分辨力的问题，可再参考一下第10讲的有关内容。

下面稍微详细地说明一下显微镜的构造特征。显微镜的下部安有反射镜，对这个反射镜要经常擦试保持清洁。上面安有光圈，光圈的装置尽管简单，但是有没有这个光圈对显微镜的性能影响很大。显微镜种类繁多，但光圈都是一样

的，买显微镜的时候应该选择带光圈的。当然如果再安一个集光器就更好了。如果放大400倍的显微镜，有一个一般的集光器就可以了，集光器上面是载物台，再向上是物镜，显微镜的放大能力是由物镜决定的。一般的显微镜有 $\times 10$ 和 $\times 20$ 的两个镜头就够了。所谓 $\times 10$ ，就是可以放大10倍的物镜镜头。再向上是镜筒（只是一个筒子，里面什么也没有）。在镜筒的上面安有目镜，目镜一般有 $\times 5$ 和 $\times 10$ 两个倍数的就可以了。如果物镜用10倍的，目镜用5倍的，总的放大倍数($10 \times 5 = 50$)就变成50倍了。

物镜决定了显微镜的放大能力，确切地说决定了分辨能力；目镜无论放大多少倍，丝毫不影响分辨能力。说句不受听的话，目镜不过是一个只能放大的玩意儿，如果谁的形象进了新闻照片，倒可以用这个目镜自我欣赏一番。因此中学生不必使用 $\times 400$ 以上的显微镜。我在大学研究室里使用的显微镜，在日本可以说是性能最好的了，调到最佳的状态也不过是400倍，所以在百货商店买上一台200倍或400倍的显微镜就足够了。另外，还可以再买一个放大镜，使用起来比较方便。显微镜操作方法是不可忽视的，对于反光镜、聚光镜、镜头也要格外爱护，经常保养擦试，不要沾上了灰尘。标本薄片也要擦干净之后才能放到显微镜下进行观察。

14. 准备一个比显微镜方便的放大镜吧

用显微镜观察一些微小的构造是比较方便的，但是我们也不能冷落了放大镜。何况在野外观察的时候，放大镜远比显微镜来得方便，而且方法简单、耐用、价廉物美。因此有

必要研究一下放大镜的使用情况。

我从学生时代起，就一直使用着一个带有一个透镜的放大镜，因此我也劝大家能准备一个放大镜。透镜直径的大小有5厘米就可以了。我出野外的时候，经常把这个放大镜放在裤子后面的衣袋里，已经用了40年了，现在成了老花镜的代用品。

在百货商店或眼镜店购买放大镜的时候，大家要注意。为了不致于当你把放大镜放在桌上时使玻璃片遭受磨损，放大镜的框子要有一定的厚度，即要选择框子厚度比凸透镜的厚度大的放大镜。放大镜经过一点一点的磨损之后，天长日久，透镜中央重要的部分就会模糊发毛，影响观察。不过，若能为放大镜添制一个结实的金属盒就方便了。有一枚透镜的放大镜，使用起来比较方便，但是由于这种放大镜焦距短，只有靠近眼睛的时候才能看清楚物像。不过在仔细地观察花的雄蕊的数目、颜色、形状的时候可以充分发挥作用。无论透镜还是放大镜，上面系一个红带子，可以套挂在脖子上，使用起来就方便多了。

带有一枚透镜的放大镜到底能放大多少倍数，可以通过对1毫米长度定等间距的方法来推算。不要小看这两倍或三倍的放大倍数，实际工作中能带来极大的方便。

野外观察的窍门，在于任何场合下都要准确迅速地记录下观察到的第一手材料，这时候使用显微镜是不方便的。一般情况下，只用肉眼进行观察，但是如果有个放大镜就好似如虎添翼、锦上添花了。在野外如果有一个稍微有点放大倍数的透镜，通过我们的观察和理解，就能够完成一件漂亮的工作。

如果去参观博物学家安理·法普鲁的故居，就会看到他使用的一枚带有一个透镜的放大镜，柄长10厘米左右，和法普鲁像片上的那枚放大镜是一样的。放大镜是他的爱物，随身携带。他留下来的传世之作《昆虫记》就有这枚放大镜的功劳。希望大家也学着法普鲁老人的样子，做一个小小的科学家。

还有一个著名的人物，名叫谢洛可·福尔摩斯，是住在伦敦的著名的侦探。他有一个漂亮的放大镜。他很可能模仿着法普鲁老人的样子，随身携带，随时观察，搞清犯人遗留下来的细微的痕迹。大家如果有兴趣的话也可以体验一下法普鲁和福尔摩斯的浪漫而惊险的生活。

凸透镜一定要买玻璃制品的，合成树脂制品的透镜很容易磨损报废，把透镜组装起来就是一个放大镜了。

15. 用肉眼看得见的花粉团块

许多花粉聚集在一起，称之为花粉块，这在双子叶植物的龙胆目萝藦科的萝藦和单子叶植物的兰目兰科的虾脊兰和杜鹃兰之类的花粉中都能见到。

这些花粉块有的由单粒组成，也有的由四粒组成（第60讲），研究起来是一件相当不容易的事。

特别是兰科，花粉块一旦沾在雌蕊上，很快由于生物化学反应使花枯萎。由于兰花名贵而芬芳，欲要尽可能长的时间保持花期，花匠常用小钳子除去兰花的花粉块之后，做成扣子花样子。所谓扣子花，是把兰花围成一圈，用水藓包成柄，装饰成不使它枯萎，如西装领子纽扣眼那样的形状。实

际上对兰花的花粉块做发芽实验，几乎所有的花粉都发芽成一枝一枝的花粉管，因此能观察到很多花粉管的群体。

花粉块的一个一个花粉，分散长出花粉管，授精相当困难。对于如兰花那样必须要有许多种子的植物来说，为了尽可能同时获得种子，也许很有必要使花粉管的发芽期尽量一致。

然而花粉块、多合花粉和四合花粉在松、杉等植物中是绝对看不到的，按科学家们的说法，这是一种较为进化的形式。花粉块达2毫米以上，所以能用小钳子把它收集起来，也可以用肉眼观察。将花粉块压碎后闻一闻其香味。由于兰花的种类不同，其花粉块的形状和大小也有各种各样，这也是兰科分类的依据之一。关于这些请看下面的内容。

16. 兰科的花粉和花粉块

兰科是单子叶植物中最进化的植物，特别是那美丽的花可谓是无可比拟的佳品。然而花粉又是怎样的呢？当然看不到如菊科中蒲公英（第1图）那样复杂的花粉形状，但构造也不是很简单。我用扫描电子显微镜研究了兰科的21属26种花粉，表面几乎都是平滑或者细网状纹饰，最多只能观察到皱纹。

花粉既有分散的单粒，也有四个单粒集合成的四合体，然而特别有趣的是花粉块和花粉小块。对兰科来说多数是花粉全部粘在一起，形成集合的花粉块。仔细一看就知道，其花粉块是由更小的花粉小块集合而成的，因此将这个更小的花粉块称之为花粉小块，至于为什么出现这样的小块还不清楚。兰科的花粉块虽小，可其中还有更小的花粉小块，这些

花粉的特性和分类大体是近似的。

花粉块的基部也由二部分组成，一部分是称之为粘着部的植物根那样的把花粉块附着在花上的部分；另一部分是相当于柄的部分。花粉块的数目也有各种各样，变化为2、4、6的倍数。在研究兰科花粉时，我认为一定要研究花粉和花粉块。从上所述可归结如下几种类型：

单粒花粉

- 水笃兰
- 琉球虾脊兰
- 金兰
- 对肢兰
- 圆顶伞花
- 辐射白蝶花
- 微射羊耳蒜
- 钗子兰
- 单叶小栏兰
- 日本莪白兰
- 长距兰
- 眉长距兰
- 岩生红门兰

四合花粉

- 小叶兰
- 宽叶火烧兰
- 火烧兰
- 斑叶兰
- 匍匐斑叶兰

手参

丛生对叶兰

蜂巢对叶兰

勺状兜被兰

盘龙参

蜻蜓草

花粉表面平滑的

对肢杜鹃兰

小叶兰

微弯羊耳蒜

钗子兰

单叶小柱兰

日本莪白兰

花粉表面有细网状纹饰的

水笃兰

金兰

宽叶火烧兰

圆顶伞花

匍匐斑叶兰

手参

辐射白蝶花

丛生对叶兰

蜂巢对叶兰

岩生红门兰

盘龙参

蜻蜓草

没有花粉小块的花粉块

水笃兰
琉球虾脊兰
金兰
对肢兰
宽叶火烧兰
火烧兰
微弯羊耳蒜
丛生对叶兰
蜂巢对叶兰
钗子兰
单叶小柱兰
日本莪白兰
龙盘参

有花粉小块的花粉块

圆顶伞花
斑叶兰
匍匐斑叶兰
手参
辐射白蝶花
勺状兜被兰
长距兰
眉长距兰
粉蝶兰
岩生红门兰
蜻蜓草

若再进一步研究的话，兰科的花、花粉的形态及分类，任何方面都是很有意思的研究课题。

17. 盲人也能理解的花粉模型

大家都有一双明亮的眼睛，能够观赏到树木、花草，还可以利用放大镜和显微镜来观察花粉的姿态，多么幸福啊。然而盲人是无法看到花粉的，只能靠听别人用语言描述来想像松、杉、杜鹃、菱等现代植物花粉和化石花粉的形态特征。因此我曾设想利用花粉模型，让盲人也能接触并理解花粉的形态和构造，不用说，既然是模型，就不怎么绝对准确。但是在大学里讲课的时候，有些问题用语言、照片甚至连画面也表达不清楚。有了这个模型，那作用可就大了，特别是象花粉的长和宽，轴和赤道等概念的理解，用模型演示一下，就迎刃而解了。

大家对松树和杉树是非常了解的，但是对于它们的花粉形态确是一无所知（第6图、第9图）。特别是松科花粉，它的两边生出了两个气球一样的空气囊，中间长着萌发沟，没有见过这种花粉的人是不可能凭空想像出来的。杉科花粉的形状是圆形的，在纵轴上有一个突起。睡莲花粉的萌发沟呈镰刀状。菱的花粉中、纵向上长出了三个浮轮状的针钩，纵轴顶端突起，下部平坦，上面形成的构造，很象神密的“Y”印痕。杜鹃和香蒲的花粉常常是四个连在一起的四合粉，它们的萌发孔变化多端。外形象骰子一样的落葵花粉的萌发沟呈锯齿状。这些模型就是我制做的。1979年3月1日，我去静冈盲人学校，让小学班和中学班的学生触摸着模型，我

在旁边讲解，效果之好，让人喜出望外。从此之后我更加热心于花粉模型的制做了，希望大家也能动手做做看。

18. 纸制的正六面体花粉模型（落葵）

下面我们用纸来做一个落葵植物的花粉模型。藜目落葵科的落葵是一种攀援植物，8月份开花，花粉干燥时呈正六面体型，样子很象常在春节玩的骰子。骰子有六个面，不同的是落葵花粉分别在各面斜对角线的方向上长有一条萌发沟。吸水后花粉膨胀成球形，就失去了骰子的形态了。所以观察落葵花粉的时候不能浸入水分，要观察干燥的花粉，为此可用液体石蜡处理一下，骰子的形状就固定下来了，观察起来也就方便了。

这里我们要做一个骰子型的花粉模型，确切地说是用纸做的正六面体模型。在白色的厚纸上画出六个相连的正方形，六个正方形排列成一个十字架，纵向四个，横向三个排列在一起；并在对角线上画上萌发沟，相互邻接边线画成锯齿状，做得好的话，这些锯齿状的线条恰好可以吻合在一起。把这张厚纸按照骰子的形状粘糊起来，就成了一个纸制的落葵花粉模型，这是一个很简单的模型。

但是如果仔细考虑一下，这些相互排列的恰到好处的萌发沟，实在是一种不可思议的杰作，只能认为是神灵的造化。另外还有许多花粉具有六条萌发沟，但是只有这个落葵花粉，可以简单地制出它的模型来。

这样相互交差排列的沟叫对沟，并且其组合数一定成为偶数。把模型翻滚一下，各面的萌发沟总是向着一个方向，

无论从哪里观察，里外方向都是一样的。请大家先动手做一个。

19. 油粘土制花粉模型

下面练习粘土模型的制做方法，一般的泥质粘土容易干裂，而油粘土适合于精工细作。开始要考虑制成多大的模型比较合适。花粉类型形形色色大小不一，如果要做一个大小为实物1000倍的模型，象大型的囊荷花粉，有0.2毫米左右，做成1000倍就是200毫米，就是说要做成20厘米大。但是杉科花粉大小为0.03毫米，做成1000倍也只有3厘米，这样费了九牛二虎之力做出的模型，大大小小，七零八落，既难摆弄，又不容易制做。因此，我不管花粉原来的大小，总是把模型做得象网球一样大，在讲解的时候只要说明一下，该花粉原来是多少毫米，现在这个模型是花粉的几千倍就行了。

做成象网球那样大小的模型，无论保存整理，还是比较观察，都是比较方便的。制做的时候，先用秤秤出油粘土的重量，每个花粉模型掌握在200克左右，用这些原料做成的圆球大小恰好和网球相似。即使稍有点误差也无妨大局。

首先把油粘土揉好，然后做成球形，接下来确定纵轴和横轴，确切地说是选定极轴和赤道轴，把横轴（赤道）水平放置，细心加工。如果是制做杉科花粉模型，要在极轴的上方（远极）做出一个小的突起，然后加工成一个球状模型（第9图）。如果是制做凤仙花花粉模型，先把油粘土做成细长扁平的豆腐块形状，然后分别在极面四个角上做四条沟。如果

是百合花粉，要做成稍微细长的橄榄球形，在上面做出一条沟。禾本科花粉模型算是简单的了，在团好的圆球上做出一个孔（这里是萌发孔）就可以了。最简单的是月桂花粉（樟科）的模型，只要做一个圆球就成了。

但是，这种油粘土不能长期保存，不过作为练习之用还是比较合适的。油粘土模型不便于展览、移动和摆弄，容易搞坏和变形，因此一般用油粘土做成原型，再用纸粘土和石膏做成另外材料的花粉模型。先练习做一批模型，选好的作为原型，不成功的还可以毁掉再做，材料可以反复利用。

过去，在中学生中由于制做了若干油粘土花粉模型，而获得奖赏者不乏其人。

20. 纸粘土制花粉模型

在小学里也经常使用纸粘土这种材料，大概大家已经非常了解它的使用方法了吧，这种材料也容易买得到。用纸粘土做的模型，无论是整型还是干后染色，都是很方便的，不干裂，掉在地上也不容易摔碎，轻便、结实、耐用。保存、陈列都非常方便，适合于制做百合花（0.1mm）及牵牛花那样大小的花粉模型。

先用显微镜对花粉进行仔细观察，画个草图。草图要画成模型一样大小，就是说要画成网球那样大小，或者更大些，再画上花粉的皱纹、刺状等纹饰特征及萌发构造。由于模型有里外、纵横之分，因此要从几个侧面多画几张草图，就象制做建筑模型一样。对于刺的大小，形状和数量也要观察清楚。夏季盛开的木槿花和芙蓉花是很好的模拟对象，但

是并没有必要过于拘泥刺的数目，大体上相似就行了。仔细辨认出花粉的颜色，无论黄色、棕色、红色、紫色、绿色、白色等都要做好记录。给模型染色也要等到纸粘土干后用水彩色涂染，干后再染，直到满意为止，干透之后，用透明喷漆一喷，模型自然就焕然一新了。由于模型是让大家摆弄携带的东西，容易沾上手上的油泥或房间里的灰尘，最后会弄得连原来的颜色也认不出来了，因此最好还要用清漆喷一下。

纸粘土模型也做成网球大小比较合适，但是纸粘土较轻，容易滚动，还容易被风吹跑，因此可以在模型的中心放入一个用油粘土做成的核仁，以加重它的份量。

纸粘土经过一番涂染之后，可以刻画上所需要的纹饰。如为了做出表面的皱纹，可以把模型湿润之后，用针、小刀和筷子等轻而易举地完成这个工艺。纸粘土制模型的最大优点是便于制造花粉的刺状纹饰。例如：木槿和菊科花粉都有大大小小的各种各样的刺状纹饰。制模型的时候可以插上几个较细的牙签，并以此为中心，糊上纸粘土。以牙签作刺是非常合适的，并且由于纸粘土较轻，即使让刺朝下也不致于折断弄坏。

我想假如以做花粉纸粘土模型的游戏作为暑假作业，一定是很有趣的，纸粘土模型的制做是最适合于小学生和中学生的课题。

21. 石膏制花粉模型

制做油粘土和纸粘土模型的方法，都比较适合于初学

者，而制做石膏模型就有一定的难度了。涉及到制做一些细致构造的时候，用石膏作原料，既有其一些优点，也有其不利的方面。

其不利的地方表现在：石膏模型不仅经不起摔打、被什么硬东西碰一下就有可能土崩瓦解或残缺不全，而且特别不适合制做长刺之类铸件。而纸粘土最适合于制做多刺花粉的模型。要使石膏模型干透还需要许多时间，即使是一个很小的模型也要一个月左右。我在制做菊科豚草花粉模型的时候，为了把花粉的刺一个一个地从石膏模型母中突出来，就用了一个多月的时间。

其优点表现在：无论油粘土的模型做得怎样小，雕刻如何精细，即使是针尖一样的小孔，石膏模型也能准确地复制出来。特别是制取模型母的时候，把油粘土原型的一半浇上石膏，同时还能对另一半原型精心加工。并且石膏在手中有一定的份量，手感也很好，不像纸制或纸粘土制的那样轻漂漂的。白色的石膏干后可以任意染上所需要的颜色，然后还可以喷上漆，制做这种模型比较适于高年级的同学。我做的50个石膏模型，在大学讲课时也用上了。

下面介绍一下制做方法：根据所准备的草图，先用油粘土制做一个原型，每200克左右的油粘土制成一个，最终做出来的石膏模型，其大小也和网球差不多。不必担心油粘土太软，认为手会把下面的纹饰抹掉，只要对上面一半精心制做，刻划出表面的凸凹、纹饰、萌发孔等特征就可以了。如果有不清楚的地方，可以用显微镜对照花粉细心修正。用水湿润一下原型，使原型表面变软，容易雕刻纹饰。经过一番精心制做，最后用湿布包好，以防干燥。

油粘土原型做好之后，再用石膏一半一半地做出母型。把做好的母型的一面朝下，对着相当于原来的下半部的上面，仔细加工，然后，从上面灌上一层粘糊糊的石膏制成母型。母型不能过深过浅，也不能过薄过厚，需要反复练习，厚度掌握在一厘米左右。围在原型四周的石膏，放在水里是要脱落的。石膏的厚度也不好掌握，最好能请学校的美术教师或技术老师指导一下。

把母型分成两瓣，用刷子把里面细心地刷一下，清除里面的垃圾，再用肥皂水涂抹一遍，最后注满石膏液体制取模型。操作时必须把石膏液体干脆迅速地注满由两瓣母型组成的铸型。这种操作技术要经常练习，熟能生巧，也不是什么太困难的事。几天之后，石膏已经凝固了，用凿子把“外壳”分开，用小刀把母型的边缘维修好，合在一起，或分开放置。

模型取出来之后不久，可稍加湿润，进一步加工修饰，经修整刻出各种纹饰。大约要等一个月，待模型彻底干透固结之后，再染上水彩颜色，涂上清漆。用毛笔涂清漆时要特别注意，颜色容易被抹掉，如果喷清漆的话效果就好多了。

为了使模型不易破碎，在灌注模型前，先在母型里放上绳带或铁丝就结实了。这样经过几番染色涂漆的工艺，最终做出一个半永久性的花粉模型。我设想如果能举办一次花粉显微摄影，花粉素描图以及花粉模型的展览会，一定是非常有意思的。

22. 花粉剖面模型

谁要想看到生鸡蛋的剖面是不大可能的，然而如果把鸡蛋煮熟，切成两半就很清楚了；中间有蛋黄和蛋白，外面有一层薄薄的皮和坚固的外壳。对应花粉的剖面来说，坚固的外壳相当于花粉的外层，薄皮相当于内层，蛋白相当于细胞质，蛋黄相当于核。不过花粉具有萌发孔，鸡蛋没有这种构造。这种构造是很有意思的。一般情况下，萌发孔处外层变薄，内层变厚，但也有相反的情况，外层变厚，内层变薄。另外，在一个成熟的百合花花粉中有两个核，即一个大型的长长的花粉管核（营养核）和一个小型的圆的生殖核。

了解了这些构造，我们就可以简单地制做一个百合花花粉的剖面模型了。先把纸粘土做成细长的橄榄球状，然后纵向切成两瓣，在切开的断面上贴上花粉剖面图。这两瓣合起来是一个花粉模型，分开是剖面模型。

把剖面的最外面一层染成黄色，紧接着里面的内层染成白层，不要忘了把萌发沟处的外层画薄一些，内层画厚一些。细胞质染成蓝色，细胞核染成红色。之所以把外层染成黄色，是因为百合花花粉是黄色的；把细胞核染成红色，是由于细胞核能被醋酸洋红液染上红色。我有自己做的横向和纵向的剖面模型，这样一来，花粉的立体构造就清楚了。很希望大家也能在这方面显示一番手艺。

23. 花粉的纵轴和横轴

把圆球型的花粉比作圆形的地球，上面作北极，下面作

南极；也可以把上面作腹部，下面作背部。观察花粉时不要腹部朝下，背部向上；放置一个正确的上下位置是很重要的。如果把地球仪做成纵的，而不是做成横的，赤道将会竖着把南北极连接起来。对人来说，头是北极，足是南极，裤带就是赤道。

松树和杉树的花粉，它们的纵轴和横轴比较容易区别。花粉的腹部，相当于地球的北极部位，长有萌发器官，把腹部一面朝上，相反的一面向下，这样一来，赤道自然就和横轴重合（第5、第9图）。

松树花粉的两个气囊排列在赤道的方向上，背部长有“Y”印痕构造（第37讲，第4、第5图）。背部相当于地球的南极，处于下部。不但要明白横轴纵轴的区别，还必须清楚纵轴的上下之分。然而，这说起来容易，真正区别起来就困难多了。象具有3条萌发沟的樱花花粉，和具有许多萌发孔的牵牛花花粉，甚至连纵轴横轴也难以分辨清楚。

即使一个人很用功，要想掌握全部花粉种类的特征，可能也是力不能及的；即使专门研究花粉的人，常常连一些简单的纵横轴也分不清楚。

不过，有关花粉纵横轴的规定还是非常重要的，请务必用心记住。由于纵轴有联系上下极的意思，固称为极轴，横切面和地球一样称之为赤道，正规的说法，花粉是具有极轴和赤道轴的。如蒲公英花粉（第1图）的纵横轴特点，而松科花粉的纵横轴更为明显。

24. 花粉萌发器官的 NPC

花粉差不多都具有萌发器官。于是，专家们希望能用文字来表示这些萌发器官，以便于记忆和整理。出于这种想法，人们设想，用1，2，3，…这样的数字编码孢粉的萌发器官，无论是日语、英语、法语、俄罗斯语都是很方便的，并且还可以用电子计算机把这些数据储存起来，以便随时提取。全世界的有关学者们正在努力对地球上生活着的植物花粉和孢子、以及已成为化石的花粉和孢子进行研究，以便用这些数据整理出来。

N代表萌发器官的数目，从0变化到1，2，3，…，8，0表示无萌发器官。

P代表萌发器官的位置，位置不清楚者为0，纵轴的下部（相当于地球的南极，地图的下缘）有萌发器官者为1，相反纵轴的上部（相当于地球的北极，地图的上缘）的萌发器官为3，赤道位置的萌发器官为4，任意位置有萌发器官规定为6，等等。

C代表萌发器官的特点，3代表数沟，5代表孔沟等等。

这样规定了从N₀到N₈，从P₀到P₆，从C₀到C₅一系列标号，用这些标号可以代表不同花粉的形态特征。例如：

松=133（有一个萌发沟，位于远极，具沟膜特征）。

石松孢子=112（有一个萌发器官，位于近极，呈三裂缝状）。

不必过多的举例，总之，花粉和孢子的最重要的萌发器官的N（数目）、P（位置）、C（特点），可以简化整理

了。还有花粉的大小，产地，化石年代等都有各自的规定。

这样经过数字整理之后，用计算机储存起来，世界各地的需求者，就可以向计算机询问有关花粉的大小，N、P、C等方面的数据，从而得到满意的回答。还能知道孢粉母源植物的名称。在美国召开国际花粉学会的时候，曾经在会场里，利用通信卫星，接通欧洲的电子计算机，向其提供数据，欧洲的电子计算机立即把和数据相对应的植物名称再借助于美国的通信卫星，在电视屏幕上显示出来。于会者无不惊讶，赞叹不止。

随着我们知识的增多，经常为记忆大量的资料而烦恼，如果用上电子计算机就很方便了。这种电子计算机还有一个别名，叫做集存花粉资料银行。首先要对各种花粉的N、P、C数据加以编码整理，需要做大量的工作。等大家长大之后，把这个资料银行利用起来，该有多好啊。

25. 花粉萌发器官的数目 (N) 及其演化

花粉具有生长花粉管的发芽器官，具孔时就称之为萌发孔，具沟时就称之为萌发沟。对于某些花粉来说，萌发器官的数目大体上是一定的，针叶树的花粉有一个孔或一个沟，或者只有一个与此极相似的构造。

萌发器官多位于花粉的腹部，所谓腹部是背部的相侧；所谓背部指花粉极轴的下端，是花粉母细胞在花粉分裂时子细胞花粉相互接触的部位。有的花粉在这个部位含有一种“Y”印痕构造，有关“Y”印痕的内容将另外叙述。一般情况下，背部要比腹部的外壁厚些，换句话说，腹部的外

壁是薄的。因此腹部易于调节水分。花粉管也容易在此破壁而出。象松和银杏就在这个部位长有一个萌发沟。

萌发沟是一个很重要的器官，萌发沟过多的花粉容易丧失耐干的能力。对花粉来说：干燥就象入室行盗的小偷，萌发沟象一扇没有关紧的大门，如果到处安装有这样的大门，水分就会从门缝中被盜走，从而使花粉干枯。

种子蕨（第29讲）是地质时期的化石花粉。它只有一个萌发器官，这种针叶树花粉的先驱者，为了抑止水分丧失，每个花粉只含有一个萌发器官。那些逐渐进化的显花的被子植物花粉，绝大部分具有三个萌发沟。只有比较原始的木兰、睡莲花粉具有一个沟。另外象相对进化一点的百合花粉也只有一个沟。

从花粉的进化程度来看，一般认为，萌发器官少的花粉是比较原始、古老的属种；萌发器官较多的花粉是相对进化的新属种。这样看来，象牵牛花、木槿、南瓜之类的花粉具有许多萌发孔，应该说是比较进化的种类了（第2图）。

今后在观察花粉的时候，即使不能掌握详细的特征，也要数出萌发孔的数目。如果球形花粉的一个半球面上有20个萌发孔，那么可以推测这种花粉一共有40个萌发孔。为了便于研究，在观察的过程中，可以把孔的特点描绘在大的素描图上。夏季开花的紫茉莉（紫茉莉科）的花粉约有100个孔；牵牛花、木槿花的花粉也有100个以上；旋花的花粉稍少些，约有80个左右；西洋南瓜似乎比日本南瓜的萌发孔数多，最多可达到150个左右；旋花科的茑萝花粉有200个孔（第2图）。

但是有些花粉的萌发器官的数目是变化的，萌发器官数目越多、变化越大。数目越少、变化越小。具3个孔的花粉

不大会变异为2个孔，仅有1个孔的花粉也不会再失去这一个孔或变异为2个孔。

不同种类的花粉萌发器官的数目为什么能从一个变化到100多个呢？还有即使有100多个萌发沟也不会生出100个花粉管来。如果把花粉比喻成房子，这众多的萌发孔则相当于这个房子到处都留了门，出入房间方便多了。这个内容比较重要，不妨再多说一点。

萌发器官数目少的花粉是古老的类型，数目多的是进化的类型。把花粉比喻成一间房子，细胞质、细胞核就象关在房间里面的孩子，这些孩子精力充沛，一心外出肆意搞乱。最简单的房子没有出口，随便找个地方都可以破壁而出，也就是说这种房子，从外面是找不到门的，但到处都可以成为门。象毛茛目、樟科樟属的花粉就是这个类型。樟属花粉呈球形，吸水膨胀，外壁被撑破，里面的细胞质可以趁机跑出来，随后伸出花粉管，很象破壁后的杉科花粉。

具有一个萌发器官的花粉，能够从一个固定的地方伸出花粉管，相当于一个房子，只有一个出口，毛茛目的睡莲花粉就属于这个类型。有一个出口的花粉，构造简单，关闭门户也轻松方便，花粉管从这唯一的一个大门中生长出来也显得格外魁梧抖擞。

一套公寓一般只有一个大门，然而一套房子总要安一个外门和厨房门；无独有偶，有的花粉也增加到2个或3个出口。特别是具有3个萌发器官的花粉种属类型，数量最多，到底是什么原因，还没有搞清楚。不过在花粉的生长过程中，花粉母细胞要分裂成4个花粉，每个花粉都要和其它三个同胞弟兄拥挤在一起。也许它们粘连在一起的痕迹可能最

后就演变成了三个萌发器官。

萌发器官逐渐增多，以至于有的花粉类型增加到4、5、6等许多个萌发器官。花粉的大小也在增加。就象是一幢大的别墅或者是一个大的城堡，各种门户四通八达。如常见的藜目、唇形目、锦葵目、葫芦目都是具有许多萌发器官的花粉（目：在分类学上是指许多科的总和）。其中有些花粉，即使在低倍显微镜下，也能观察得非常清楚。

葫芦目葫芦科的南瓜花粉、佛手瓜花粉，可以看到11—13个左右的萌发孔。锦葵目锦葵科的棉花花粉有30个孔，薯蓣锦葵花粉有40个孔；木槿花粉有50—100个孔；水茴草花粉有60个孔；蜀葵花粉有200孔；唇形目旋花科的牵牛花粉有100个孔；茑萝、葫芦花粉有200个孔；藜目、茑萝、紫茉莉科的紫茉莉花粉有100个左右的孔。这些数目不可能个个数得完全正确，看上去就好象感觉到花粉表面密密麻麻都布满了孔。

由于萌发器官数目的增加，使花粉的无论什么地方只要接触到雌蕊的柱头，都能让花粉管从最理想的出口处生长出来，自然就方便多了。不过反过来说，到处留门的房间很难关得严紧，很容易引起水分失调，过湿过干对花粉来说都是危险的。然而，萌发器官数目的增加，意味着进化，许多具有萌发器官的花粉，常被认为是进化的类型。但是，进化的花粉并不限于萌发器官数目的增加，如，桔梗目，菊科的蒲公英花粉等都只有3个萌发器官。有些生物进化的问题，是很奥妙的。

26. 花粉萌发器官的位置 (P) 及其演化

花粉只有一个萌发器官的时候，该萌发器官总是位于花粉的腹部，因为，花粉的外壁总是在腹部变薄。换一个角度说，如果能看到百合花粉的一条萌发沟，也就看到了百合花粉的腹部。我们说樱花花粉和夜来香花粉的赤道部位有3条萌发沟，而不是说位于腹部有3条萌发沟。这好比人的腹部只向着一个方向，如果人类在三个方向上都长着肚子那就荒唐了。

我们制做的地球仪始终是让南极朝下，北极朝上；地图同样也遵循这个规则，地图的上边总是北方。现在我们把球形的花粉和地球相类比，画花粉图的时候，规定让花粉的背部朝下，腹部向上。大家夜里睡觉的时候，一定曾感觉到，背朝下躺着，腹部朝着天花板，总要比俯卧着舒服吧。

用地球仪的概念来看花粉，可以做如下类比，松和杉的花粉只在腹部即在北极部位有一个萌发器官（第5、第9图）。而凡是具有3个萌发器官的花粉，这些萌发器官都排列在花粉的赤道上（第2图A）。那么，为什么它们喜欢排列在赤道上呢？这还得从花粉母细胞谈起，花粉母细胞分裂成四个花粉，每个花粉都是和其它三位兄弟粘连在一起长大的，它们相互之间共有3个粘连的部位；如果这些部位能够假借成萌发器官的话，那么恰好可以形成三个萌发器官。

请看杜鹃花粉，它是由四个花粉粘合在一起的四合体，但是每个花粉的三条萌发沟是和其它三个花粉的萌发沟相互连接在一起的。这些萌发沟，既不在腹部，也不在背部，而

是环绕在赤道的周围，这是一个很好的证明。

接下来我们来看南瓜花粉的100多个萌发孔是如何分布的。可以看到，无论背部、腹部、还是赤道，整个花粉都长满了萌发孔。在我们做模型的时候，为了加工出这些萌发孔，需要花去很多时间，并且是随意乱插，杂乱无章。对于花粉详细的结构、构造和机制，还是不清楚的，萌发器官仍然是难解的花粉之谜。好象隐士居室内的床板下常常藏有暗道一样，说不定在花粉的某一个位置还会有个出口呢。

27. 花粉萌发器官的特点 (C) 及其演化

所谓萌发器官的特点，是指形态，构造，性质，机制等等。概括地说，萌发器官有一个从简单到复杂的进化过程，就象有的房间门口开始只是挂个门帘，后来又装上了一个结实的大门，渐渐地设下机关，按上暗锁，严加防犯。

有的花粉的萌发装置非常简单，在花粉外壁的任何部位都可以破壁充当萌发器官（樟树花粉等）。有的花粉经常固定在纵轴的上部破壁萌发。象松科的日本黄杉、落叶松等植物花粉，纵轴上方部位的外壁极薄，细胞质吸水后膨胀，外壁无法适应而破裂。这些装置只能认为是适应花粉容积变化的调节装置，我并不把它们叫做萌发器官。

这类调节装置从外部是看不清楚的，因为它表面的构造特征和外壁的其它部分毫无差别。如果它的外壁显著变薄，其周围势必要形成一个明显的轮廓，这种情况下，就可以称之为孔或沟了。有的情况并不怎么显著，可用和孔、沟相近似的意思来表示，如称之为类孔、类沟。所谓孔沟，相对于房

间的门来说，小圆形的门就是孔，细长形的门就是沟。无论怎么看，萌发孔和萌发沟的特征都是清楚的。可有些萌发器官只是由一层外壳形成的，结构比较简单，故称之为简单沟，也就是简单、单纯的意思。有的大门上留了窥望口和窥视窗，安了便门，并用金属器械加固起来；与此相似，有的花粉萌发器官，是由两层外壳组成的，并在上面开了个窗口，还戴着一顶类似金属护具的小帽，有的小帽上还安装了长形的刺。相对简单孔、简单沟来说这类萌发器官称之为复杂孔和复杂沟。在其它话题中讲过的葫芦目葫芦科的日本南瓜和西洋南瓜的花粉，它们的萌发孔上面，就盖着一顶象帽子一样的盖子（亦称口盖）（第55讲）。比较进化的桔梗目菊科花粉，在萌发沟的中间，还含有一个小小的圆形萌发孔（内孔）（第1图）。可以理解，毛茛目的睡莲科和毛茛科花粉，之所以长有简单的单孔或类孔，是因为还不够进化的缘故。

所谓萌发器官进化的特征，就是从简单演化到复杂。如果把这个萌发器官的进化形式，嫁接在植物进化的系统树上，会是一个非常有趣的研究题目。

28. 花 粉 管

花粉一旦接触到雌蕊的柱头，就能发芽生出花粉管。要知道这个花粉管中“装配”着来自花粉中的生殖核和花粉管核。花粉管细长状延伸，里面的原生质争先恐后地向前流去，生殖核和花粉管核也随着一步一趋地向前爬行。如果仔细观察的话，可以看到，生殖核和花粉管核随着原生质的流动在

滴溜溜不停地旋转着。不久，到了适当的时候，生殖核又分裂成两个精核（又名雄核），这两个精核将分别和卵核和极核结合进一步发育成种子，这就是被子植物的双受精（第5讲）。

花粉内部的全部家产逐渐转移到花粉管中，直到“人”去房空，花粉最终变成了一个干枯无用的空壳。这时候花粉的根部也完成了使命，花粉管趁机和花粉壳分道扬镳，随后花粉管逐渐腐坏以致死亡。

在整个花粉管的内部，整整齐齐地建造了许多隔板状的间隔门，这些门是用横棒状的物质建造的，可以叫作横棒门栓间隔门。由于有了这些门的把守，使得花粉管中的物质一步一步地前进。

要想简单明了地观察花粉管的萌发过程，用凤仙花花粉作为观察对象是比较合适的。把取到的凤仙花花粉很快搓到一个玻璃板上，稍微滴上几滴水，凤仙花花粉就会吸水发芽，可以眼看它伸出非常有趣的花粉管来；如果仔细看的话，还能发现，花粉管中的物质是咕噜咕噜摇摇晃晃地旋转着的。花粉管把雄核从花粉中转运出来，起到了导管和离心泵的作用，真不知道花粉还会在什么地方藏有这么大的能量。

29. 气囊花粉的起源（周囊型气囊）

我们暂时把松、冷杉等具有气囊的花粉称之为气囊花粉。这些气囊花粉是什么时候，又是怎样来到这个地球上的呢？这是一个非常有意思但又是难度较大的问题。先从蕨类向

松的变化说起吧。

在古生代末，有一个名叫石炭纪的时代，那已是距今二亿五千万年前的遥远的过去了。在石炭纪的末期，生长着一种名叫种子蕨的羊齿状的种子植物。从它的化石中可以了解到，这是一种极类似蕨类但又具有种子的植物；在其雄蕊的花粉囊中，整整齐齐地排列着已成为化石的松型气囊花粉的老祖宗。这个老祖宗可以认为是气囊花粉的先驱了。它的形状和周囊或环囊相似，具有环绕本体的膨胀部分。通过研究知道，膨胀部分的中心已空，这和松粉气囊的构造相同。

石炭纪之后，到了二叠纪（距今二亿一千万年前）的时候，化石植物苛达狄的花粉仍然和周囊型的气囊花粉相似，并逐渐趋向于松类花粉。在地球上出现松和冷杉还是在这以后的事。也就是说，经过了四千万年的演化，周囊、环囊类型的气囊花粉才逐渐演变成了松型花粉。

周囊花粉最早的形式是环圈状的。在演化过程中，中部变瘪，“气囊”只残留在左右两边，最后演变成了两个气囊。从开始到两个气囊的形成说明气囊花粉并不是生来就有的。

然而自然界有时候也会出现让人吃惊的玄妙莫测的事情来。当你观察了大量的松树和喜马拉雅雪松的花粉之后，你会从中发现有些花粉竟和它们的老祖宗一模一样，完全成了周囊、环囊型的气囊花粉。看上去相貌似乎有些缺陷，我们把这种变异称之为返祖。用一般的低倍显微镜，就可以很清楚地看到这些特征。然而这只是近似于种子蕨花粉，并不真的就是种子蕨。另外如果用这些貌似周囊或环囊的松科花粉做花粉管的发芽实验的话，由于萌发沟处的外壁变厚，往往

不能发芽的。因此，无论是外形方面还是功能方面都应该说是
是有缺陷的。不过要知道气囊花粉的先驱就是这个形状的。
做一个这样的模型，自己揣摸一下，印象就更深刻了。

为什么周囊粉在演化过程中消声匿迹了呢？我想可能是
地质时期中气候变迁的结果。石炭纪时气候炎热潮湿，和热
带的原始森林相似，由于有最适宜的水分和温度，蕨类植物
生息繁衍勃勃生机，过着温室般的生活。但是到了石炭纪末期，
气温急剧变冷，空气日益干燥，干冷的寒风开始席卷大地，蕨类植物
经受不住严寒的考验，相继枯萎而死。然而种子蕨花粉由于有一个周囊或环囊特征的“斗蓬”的保护，
干燥和寒冷似乎对它无可奈何，才使它得以在这残酷的环境
中平安无事。看来这个厚实坚固的斗蓬，即可以当围巾又能
作腰围，是个不坏的玩意儿。

但是到了二叠纪的时候，气候又逐渐温和起来。直到今天人类居住着的地球，气候温暖适宜，按理说该脱掉“斗蓬”换上西装背心了；不过这好象是一件很麻烦的事，总有一部分松科家族的遗老遗少们至今仍不肯扔掉老祖宗留下来的象注册商标一样的气囊。看来花粉不是革新派，是一个保守派，其中裸子植物花粉最为顽固，总是在那里对古老的东西津津乐道。

30. 松科花粉的气囊

在松科花粉本体的左右两侧生长有二个气囊，如果仔细观察的话还会发现，松属、冷杉属、云杉属、喜马拉雅雪松等不同属种花粉的气囊大小形状互不相同。由于这些内容专

业性太强，就不详细讲了。一般说来大的气囊相对更靠近脊背，而较小的气囊看上去就象从脊背上滑落到腹部上的一样。

地质时期的种子蕨（第29讲、第4图）化石花粉象一个南瓜，从背上挤出了一个大的气囊，把整个花粉本体给包围了起来。在演化过程中气囊逐渐变小，生在本体上的气囊渐渐滑落到腹部上去了，滑落最厉害的是金毛铁杉花粉，鳞片云杉像滑梯那样从脊背上伸出，冷杉气囊牢牢地分开两旁生长，而松树的花粉在分开气囊处能略微观察到细线状突出物，喜马拉雅雪松长着比鳞片云杉小的气囊，且气囊又和鳞片云杉相类似，呈滑梯状从脊背处伸出（第6图）。

研究这类气囊的着生特点，对于专家们来说，尤其是对于研究化石花粉的专家来说，具有特别重要的意义。松科植物是广泛分布于北半球的举足轻重的植物，有可能对它的化石花粉进行详细的研究。一个小小的花粉化石为什么就能够鉴定为是松还是冷杉呢？这要根据花粉气囊的特点来判断。

松科花粉中，松属花粉较小，观察起来不太方便；冷杉花粉较大，能让人一目了然。然而无论花粉多么小，从地质时期进化而来的气囊始终象一个自动阀门，起着防止花粉脱水的作用。现代花粉的气囊完全继承了这个功能，第6图列出了松科花粉全部类型的草图，可以对照观察。特别是图6-D、E、F三图，画的是卧藤松型花粉，这是我好不容易才发现的一种花粉类型。这类花粉在萌发沟表面上长有瘤状纹饰，用光学显微镜可以勉强看到这种特征。现在如果用扫描电子显微镜观察的话，可以得到不少乐趣。

在花粉分析一讲中（第77讲），我将要讲到，生长于低地

平原的红松、黑松和生长于高山地区（2000米以上）的卧藤松。其重要的区别在于，前两者生长于温暖气候环境，后者生长于寒冷气候环境。我在1958年报道了这个发现后，很快被苏联，德国，美国的教科书所引用，现在已被全世界所承认。

31. 针枞（云杉）花粉

“针枞其实并不是枞树”，它是松科云杉属植物的成员，云杉树种原来生活在高寒山区，然而具体到针枞^{**}生活的区域还可以再低一些。在云杉家族中，针枞可以生活的区域是最低的。在山梨县南部留那山中湖村大字山中字冲新烟地区有一片珍贵的国有纯针枞林。这是在德川时代，为了让猎鹰筑巢而种植的树林，属于国家重点保护单位，这片世界罕见的珍贵的针枞纯林，是1916年（大正5年），由美国哈巴德大学的威尔逊教授公布于世的。该树林位于日本北部福山县医王寺山区内（北纬37度51分）。

针枞花粉气囊的着生特点是非常特殊的。气囊先在背部有一个稍稍隆起的部分，这里也正是气囊基部变薄的部分。这种形状的花粉在世界其它地方还没有发现过。即使是腐化了，成为只剩下一层外壁的化石花粉，人们也会立即识别出它这种外形特征的。无论是现代花粉还是化石花粉，象云杉属针枞这样的只通过花粉的观察就可以定出属种的植物是为数极少的（图6-O）。

* 枞树是冷杉的别名。

** 针枞的拉丁文名字是 *picea pojita*。

为了一睹针枞花粉的真容，就不顾一切爬到高大的针枞树上去采集花蕊是干不得的。不过可以告诉大家，在与山中湖村相邻的忍野村，常见有用针枞组成的篱笆。并且在忍野地区还有一片忍野十海，实际上是富士山上的积雪溶化汇集而成的大大小小的湖泊（当地人称之为海）。当你从东京乘车游玩来富士山观光的时候，可趁便去一次忍野，即能观察到波涛汹涌宛如大海的美丽景色，又可以光顾一下用珍贵的针枞树组成的篱笆。五月月底，针枞开花，花蕊举手可得，正期待着大家光临呢。针枞的名字也起得恰到好处，树叶尖尖，如针尖一般，名符其实。

32. 松树花粉气囊的作用（自动阀门装置）

花粉刚从母体植物的花粉囊中分离出来时，含有充分的水分，但一接触到外界的空气就很快地干枯。为什么被雨水沾湿的花粉，过多地吸收水分后，有时会变得粘粘糊糊，有时会膨胀破裂，有时迅速地伸出花粉管，若是连遭三者后会很快死亡。可是无论怎样好的干燥方法，如过分的干燥，将导致过多的脱水而死亡，正如我们人类在沙漠里不饮水就会渴死的那样。

可是花粉具有被称之为自动防止脱水的装置，自动关闭水分出口的自动阀门，自动阀门的形式有各种各样，下面以松的花粉为例来说明之。如果是松的花粉，无论在什么地方，都很容易搞到，它不仅数量多，而且能长期保存，确是进行实验的好材料。在庭院、公园、学校和山地林场，到了松树开花的季节（每年4—5月），别忘了采集花粉，用纸

包起来，放在信封里保存，注意千万不要把花粉弄潮湿了。

用 200 倍的显微镜观察松的花粉，能马上看到在花粉本体的两侧附有两个像鼓起空气袋的气囊（第 5 图）。如果将保存在信封里一个多月之后的花粉取出来观察，可以看到所有的花粉都带有紧闭着的气囊；可是，当开花之时，立即取回来的松树花粉，两个气囊是左右张开着的。假如有人说：

“我采集的花粉不容易看到气囊”。那么，可以想办法看清楚这些气囊！将松的花粉撒在玻璃片上，如果看到气囊是关闭的话，请先用吸管轻轻地滴上一滴水，然后盖上盖玻片；注意观察，吸收水分的花粉相互间蠢蠢欲动，然后气囊便慢慢地张开来，不久显现出了花粉的气囊。为什么会这样呢？这是因为吸水之后，花粉本身膨胀，相当于水的进出口处将会长出花粉管。出现萌发沟后很快就会出现花粉管，第 5 图正处于这个阶段。因为花粉会干枯死亡，为了防止花粉干枯，有必要设法关闭相当于花粉体内水分出口的萌发沟。松花粉背部外壁厚，腹部外壁薄，萌发沟总是长在腹部，两侧附有两个气囊。由于背部外壁厚而强度大，所以花粉干燥时，总是朝外壁薄而脆弱的腹部弯曲；并且气囊自动地弯曲，盖住萌发沟，以防止脱水和干枯，从而保全花粉的生命。也就是说花粉遇到干燥时，气囊能起到自动阀门的作用，使水分不致于从萌发沟中散失。在普通的教科书上，通常只讲松是风媒花植物，所以花粉具备有足以使它容易远飞的气囊。实际上气囊的作用不仅是供飞翔，而真正的是在于防止干枯，起到自动阀门的作用。

这里再来做一次实验试一试看！这次将伸展开气囊的花粉，置于显微镜观察用的盖片和载片之间，并且慢慢让它干

燥。也可以短时间加热，让水分蒸发，或稍微加入点酒精，就会很快干燥。如果让其自然干燥，需要放置24小时以上，然后观察一下，就会发现花粉的气囊是关闭着的，这个实验可以重复几次。有趣的是观察松花粉的自动阀门装置——气囊的张闭变化。松科的松、鳞片云杉、枞（冷杉）、喜马拉雅雪松、油松和罗汉松、竹柏等都具有自动阀门的气囊，而最容易做实验的是松（赤松、黑松等）（第5、第6图）。在这里我们把气囊称为防止水分丧失和干枯的自动阀门。

33. 松的花粉气囊排除空气的实验

有关松的花粉的内容已经讲了不少了，但我还想谈一点向空的气囊中加入空气的实验。花粉母细胞中是没有空气的，而且花粉也不可能由空气组成，那么气囊中的空气究竟什么时候、从哪里进来的呢？这是很有意思的问题。首先从形成花粉的顺序详细地看一看吧！松的花粉在花粉母细胞中形成时，最初理应不具有气囊，开始近似于球形，不久变成了橄榄球形，它的稍细两端表层增厚并向外突出。不久在这突出的地方会膨胀，表层从本体稍微剥落下来，随着本体部分表层的增厚，膨胀部分成为气囊的表层也增厚，但由于膨胀起来的表面积扩大，在其内部充满了由花粉母细胞带来的液体及从本体携带出来的液体。本体成长起来，表层也伸展。由于在气囊中既没有细胞质也没有细胞核，所以仅仅是外表层的膨胀。在这种情况下，花粉内的液体等待着向外界空气中飞出去的机会。不久花粉成熟，当膨胀到一定限度，花粉壁由于其内部自身压力而破裂。

松花粉运用自身生长的压力能，靠自身力量破壁而出，在空气中一胀裂就引起干燥，而且气囊中的液体干燥蒸发，使气囊成为中空，而它的表层部原封不动留着成为结实的气囊。也就是说气囊中的空气是当液体蒸发向外跑出来的时候，从外界进入气囊的。

然而空气是通过哪些途径进入气囊内的呢？我把松的花粉和具有气囊的喜马拉雅雪松、冷杉、鳞片云杉等松科花粉切成薄片放在电子显微镜下观察研究。才知道气囊的外表层上到处都开着小孔，空气通过这些小孔理所当然能进入气囊。下面让我们来进行小孔的实验吧！

如果是空气能进入的孔，水当然也能通过。把已经干枯了的松的花粉放在显微镜用的载玻片上，盖上盖玻片，然后用吸管从盖玻片的旁边注入水，同时请注意观察！由于在花粉和花粉之间突然进水，花粉的气囊则显得更清楚，它和水中的气泡一样显眼，如放大至200倍就更理想。稍隔一会儿再观察，则可以看到从气囊中出来的空气跑到水中，也就是说从气囊中开始溢出很小很小的气泡。当有许多花粉的情况下，则气泡会变大而且多。由此可以明了空气进入气囊的机理。既然有空气进入的孔，从该孔当然也能进水，这就是显示在气囊中进水的证据。

最好再仔细观察一下，气囊干枯时发亮，可是水一进入气囊，则气囊不再发亮，且看起来显出透明的样子，气囊表层上的孔就这样被证明了。由于下雨等原因花粉被沾湿时，这些孔便于吸进水。当干枯时，这些孔也起到驱走水的作用。上述细小的孔实际上形成很好的构造并发挥了很大的作用。

请诸位不妨也采集松的花粉，做一做这个实验。只要是

有气囊的花粉如罗汉松科的罗汉松、竹柏、松科的喜马拉雅雪松、冷杉等都可以。究竟哪一种的气囊最容易进水呢？请实验一次吧！

34. 铁杉花粉的围型气囊

松科中的铁杉（又名梅松）是常绿的大树。这种树的花粉虽然属于松科，却不具有两个气囊；代替它的是像登山帽檐那样短锯齿状纹饰包围着四周。较长的时间里，我并不明白这个围檐是什么（图 6-G, H）。

然而，在讲到花粉气囊时，就已叙述过化石花粉种子蕨（第 4 图）的周囊和环囊。这个围檐是环囊变薄成为平坦的东西，它代替了松粉左右两个气囊。最重要的是它整体上原封不动地继承老祖宗的环囊，也稍加改造以适应现代生存的环境。就是把环囊变成围腰那样，借助于浮力使花粉长时间在空气中飞扬。我想再继续稍加改造至少会将环囊换成项圈或围巾那样的东西。

在生物学的概念中，即使形状和功能改变，但本质是从同一物体发育而成的器官，常有相同的含义。如常常讲到的例子：叶子、花瓣、刺（仙人掌的刺）等等。被认为是铁杉的项圈或围巾那样的围檐状的气囊，和松花粉的两个气囊及种子蕨的围腰那样的环囊型气囊是相同的。

带有气囊的花粉，目前只知道有裸子植物的松科和罗汉松科；但是如果仔细调查的话，也有被子植物。这是留给诸位研究的课题。

在日本的铁杉属是铁杉和多形铁杉（米梅），这两种具

有同一种类型的花粉具备围檐状气囊。确切地说应称之为铁杉属的真正铁杉亚属，所谓亚属是属下面的分类单位。在世界上还有一种叫金毛铁杉亚属 (*Hesperopeuce*)，究竟有什么区别，请阅读铁杉花粉（第35讲）（图6-K）的内容。

35. 金毛铁杉的有趣气囊

日本的铁杉和多形铁杉（米梅）保存着古代老祖宗残留下来的重要遗物——环囊型气囊，只有少数演变成小型、轻便的围巾型气囊。可是，在全世界范围里有两个地方——中国大陆的内地和北美的阿拉斯加有被称之为金毛铁杉的植物（图6-K），遗憾的是在日本看不到它。为什么日本没有，只出现在世界上两个地方呢？花粉可以告诉我们其中的秘密。

金毛铁杉花粉和日本真正铁杉花粉的区别在于附有两个小的气囊，几乎没有围檐锯齿状纹饰。这小气囊究竟从哪里带来的呢？怎样生成的呢？在日本由于没有这种植物，要研究很多新鲜花粉是相当困难的。我最初见到的金毛铁杉花粉标本是1955年在法国巴黎植物园的研究室里，好不容易才得到一片显微镜薄片标本，慎重小心地带回日本，距今已20多年了。然而近来去阿拉斯加旅行的人渐渐地多起来了，日本大学理工学院守屋教授终于给我送来了新鲜的金毛铁杉花粉；差不多同一时期，从台湾的王仁礼先生那里也得到了很多雄蕊的花粉。

充分地研究了这些花粉，就能了解金毛铁杉花粉的气囊，既有各种各样的变化，也有不同程度的退化，并且有的

呈现成双成对的形状。为了更详细的观察，借助扫描电子显微镜这种最新式的仪器，从荧光屏上观察，并拍摄照片。其结果表明金毛铁杉花粉气囊也有两个，而且表层薄，和松的花粉相比要薄得多，且发育不全。这是为什么呢？据说从远古时候起并不是这个外形。法国朋友称之为铁杉和冷杉的杂交种。法国女博士巴·卡博证明了在冷杉和铁杉之间实际上能够杂交；由杂交的种子生长出来的苗，和由铁杉种子长出的苗，具有同样的性质和外形。可是这种杂交而形成的人工铁杉，要等待到它能生成花粉需要相当长时间，因而是一项漫长而又有意义的幻想实验。

我想也许因为偶然的机会，真正铁杉花粉，沾上冷杉花粉，提供自然交配的机会，并能在自然状态下生出种子，长出幼苗且发育成材。这种交配情况在中国内地和阿拉斯加北部进行的话并不是不可能的。诸位若是有机会去阿拉斯加旅行的话，务必请观察一下这种珍贵的铁杉树。所谓金毛铁杉是生长着金色的毛的铁杉的意思，在日本的铁杉不生长金色的毛（图 6-K）。

36. 没有气囊的松科花粉

前面我们讲过的松啦、冷杉啦等等，都是带有气囊的松科花粉。因此或许大家会认为松科花粉都是有气囊的吧！其实不然，松科中落叶松属和黄杉属的花粉就没有气囊。气囊跑到哪里去了呢？日本黄杉花粉似乎是把老祖宗所具有的周囊型气囊改造了，做成了一个小小的围巾型或者说是领带型的具有锯齿纹饰的漂漂亮亮的摩登新装。那么是否落叶松属

和黄杉属的气囊变得更小了呢？回答不是这样，只是因为两者祖先和松及冷杉的祖先完全不同。把落叶松和日本黄杉花粉做超微切片，用透射电子显微镜进行观察可以发现，它们的外壁构造是颗粒状的。然而，松、冷杉等具气囊的花粉，其外壁构造不是颗粒状；而是外壁两层，中间有基柱相联，很明显这是气囊膨胀所不可缺少的构造。或者说如果是膨胀的气囊，气囊外壁就不是颗粒结构，必须是两层式的，以便于分离中空。

因此可以说落叶松和黄杉花粉本来不曾有过气囊，如果抱怨它们是不是把老祖宗的这一珍贵的遗物忘在什么地方或者遗失掉了，那实在是冤枉它们了。

落叶松花粉母细胞的分裂方式是连续的。因此，每个落叶松花粉只有一个背向背的同胞兄弟，那古老的遗物变得象一个小小的轮胎。现在还没有哪一个落叶松花粉具有象皮球那样圆的气囊（图 6-I, J）。

黄杉花粉母细胞的分裂方式是同时分裂，因此每个花粉都有 3 个背向背的兄弟。这种情况和冷杉及罗汉松相似，可以看到“Y”印痕。尽管没有气囊，这“Y”印痕却被当做祖先的遗物，谨慎地保存下来，成了松科大家族的古老又神圣的徽章。千万别瞧不起没有气囊的松科花粉（图 6-L）。

我趁便讲一点罗汉松花粉的特点。在日本只有罗汉松和竹柏型罗汉松两种罗汉松植物。但在南半球的澳大利亚、新西兰、南美、南非等地，罗汉松植物种类繁多，且分布广泛。罗汉松花粉大体上都长有气囊；不过也有例外，象长在南美的罗汉松科的撒枯斜苛拉亚花粉就没有气囊。我没能去南美采集过标本。我想如果什么时候能去南美，一定要拜访

罗汉松，讨些花粉，带回日本用电子显微镜进行观察研究。我推测这类花粉的外壁一定会和落叶松的外壁相似，也是颗粒状的。也就是说，理应不象松属那样具有两层没有基柱的外壁。根据以往研究花粉的经验，对那些不曾接触过的花粉进行预测，对于花粉研究是大有益处的。

37. “Y”型印痕之谜

前面已经讲到，从石炭纪起开始繁盛的种子蕨植物，具有周囊型环囊形的气囊构造。然而这个化石花粉还有一个不可思议的构造——印痕构造，即在化石花粉本体的背部生长着向三个方向延伸的裂缝，看上去象个“Y”字型，故暂时把这个印痕称之为“Y”字型印痕或简略地称之为“Y”印痕。那么这个“Y”字型的奥妙何在呢？（第4、第5图）。

无论是化石花粉，还是现代花粉，都是由花粉母细胞孕育而成的，专业用语叫做花粉母细胞分裂，其分裂方式大致有三种。其一，花粉母细胞发育到一定的程度同时分裂出四个花粉，叫做同时分裂；其二，花粉母细胞发育到一定的程度，先分裂出两个花粉细胞，然后每个花粉细胞各自再分裂成两个花粉，叫做连续分裂；其三，兼有上述两种方式，叫做中间型分裂。

松、冷杉、罗汉松等许多植物都是由同时分裂的方式生育花粉的。如果静心思考一下的话，可以想像到，每一个花粉都要和其它三个花粉背靠背挤在一起，似乎它们在做互相推挤的儿童游戏。

如果你穿着刚刚浆好的插有别针的崭新的衬衫去和你的

朋友做背靠背互相拥挤的游戏时，背后的衬衫一定会被搞得乱七八糟。如果和三个小兄弟一起拥挤，衬衫上就会挤出向三个方向延伸的褶痕来。可以想像同时分裂的花粉同样会在背后留下相互拥挤的痕迹。总而言之，“Y”印痕可以认为是地质时期的化石花粉同时分裂的产物。

在北美有许多种冷杉，如在诺域哩斯冷杉上面可以清楚地看到这种印痕构造。然而谁也不曾看到过日本有冷杉这种“Y”印痕构造。我也曾用了相当长的时间，在普通显微镜下对许多种类的日本的冷杉花粉进行过观察（日本冷杉、白叶冷杉、日光冷杉、椴松、大白叶冷杉等），也没有发现这种构造。那么这个“Y”印痕隐藏到哪里去了呢？

美国的伍兹哈斯博士曾在1935年写道：北美的冷杉中这种“Y”印痕几乎完全消失了，即使有也是极其罕见的。不过我认为，无论这种构造退化到多么细小隐蔽的程度，探找它的踪迹的办法，还是应该有的吧。如果我们用普通的显微镜，也就是借助于自然光和电灯光观察的光学显微镜，无论怎样细心观察都无法发现这种构造。那就要考虑换一种另外的什么方法来尝试一下。

用最新式的扫描电子显微镜对日本冷杉镀金观察表明，无论哪一种冷杉，都具有“Y”构造，清清楚楚，暴露无遗。尽管准确地观察花粉表面特征比较困难，但是假如有透射电子显微镜或有了扫描电子显微镜，就可以大展宏图了。大家将来进了大学或研究所，就可以操作这些电子显微镜了。并且可喜的是，日本的电子显微镜是世界一流的第一流的。所以由我拍摄的这些“Y”印痕的照片和其它花粉的照片，恐怕是其它教科书上还没见到过的（第5图）。

化石花粉的“Y”印痕至今还隐藏在现代花粉上面。从植物演化的角度来看，是相当有趣的。然而更加有趣的是有关“Y”印痕的典故。

38. 泪杉型罗汉松的“Y”印痕

日本没有泪杉型罗汉松植物，就连植物园里也没有栽培。这种植物分布在南半球的新西兰等地，对我们来说是相当稀奇的；但对新西兰的居民来说，只是一种最普通的大树而已。我在巴黎研究所里观察过这种植物的花粉。我之所以把它命名为泪杉型罗汉松是因为它的特征介于罗汉松科的泪杉属和罗汉松属之间，所以给它起个日本名子。

我们知道，松和冷杉总是有两个气囊。而有趣的是泪杉型罗汉松花粉却有三气囊，并且令人喜出望外的是它的背部发现了“Y”印痕。我用光学显微镜拍了照片，写了报告。不过有一位女花粉学家是新西兰人，嫁给了美国的罗西·柯兰先生。这位罗西先生是美国亚利桑那州人，长期从事新西兰植物花粉的研究工作。但他始终没有发现过泪杉型罗汉松花粉具有“Y”印痕构造。当他读了我的报告后，立即乘飞机飞往新西兰，对泪杉型罗汉松花粉重新进行了研究。这样一来日美花粉学界展开了争夺“Y”印痕奖杯的竞争。

我所看到的具有“Y”印痕构造的花粉标本，是巴黎植物园标本库中的标本。而罗西先生又从新西兰带回了各种类型的泪杉型罗汉松花粉，结果发现了更有趣的现象。凡是幼年的泪杉型罗汉松的花粉都容易看到“Y”印痕，而老年树的

花粉就看不到这种构造了。也就是说，能否看到这种现象要取决于树龄的大小。因此，罗西先生给我来了信，问我是否知道巴黎标本库的泪杉型罗汉松的树龄。那时我已回到了日本。一般说标本都要注上采集人，年、月、日，采集地点等内容，但是有关树的年龄并不作注明和研究。研究树龄的大小确也有种种困难。大家在野外采集植物标本，剪些冷杉或松树枝条，恐怕没有谁去考虑这棵树的年龄如何如何吧？后来知道巴黎的标本确实没有注明年龄。

可是，还是多亏了罗西先生，使我知道了只有幼年的泪杉型罗汉松花粉才长有“Y”印痕；进一步说，巴黎的标本也应该是年幼的了。我是偶然有幸取到了幼年树的花粉才发现了这一“Y”印痕的。因此日美花粉界争夺泪杉型罗汉松“Y”印痕奖杯的竞赛打成了一个平局，并互相为对手的研究成果拍手叫好。

39. “Y”印痕与蒙古斑（臀部上的痣）

上一章已经讲到，“Y”印痕这一古老的遗物，只存在于幼年泪杉型罗汉松花粉的背后。然而，在我们日本人和蒙古人的臀部后面也生长着一个与此类似的遗物。你还记得吗？刚出生的婴儿臀部上有一块块青痣那样的东西。这种现象白种人是没有的，东洋人最多，所以白人科学家们就把这种臀部上的标志称之为蒙古斑，或叫蓝色斑点。当长大成人后这种斑也就会自然消失了，因此也许会有人说，他没有蒙古斑。我想最好请他去问问自己的父母亲。假如谁家有个婴儿，在给它换尿布的时候，你可以观赏一下眼前这个逗人喜

爱的婴儿的小臀部了，你一定会看到这种蒙古斑的。如果你看到了婴儿的蒙古斑，那么当你洗澡的时候，再来观察一下自己的臀部，恐怕找不到这种蒙古斑了。如果真的还能在臀部上发现一块块青色的蒙古斑，那就有点奇怪了。

据人类学家说，这种蒙古斑也许是远古时期的人类所具有的遗物，而且臀部上有没有这种遗物是人类是否进化的证据。成人之所以没有这种斑，应该说是因为成人进化了。还有，白种人的婴儿没有青色的蒙古斑，认为白种人比东洋人进化。幼年时有，长大成人后消失，即是蒙古斑。

因此，罗西先生所讲的位于泪杉型罗汉松花粉背部上的“Y”印痕仅限于幼年树本的花粉，上了年纪的老树的花粉找不到这类“Y”印痕构造。这种现象某种程度上和青色的蒙古斑是非常一致的。没想到花粉还有这么多秘密，我感到非常惊讶和有趣。我已计划把它作为今后的研究课题。

我已是六十三岁的人了，就要从静冈大学退职了。我想如果有空暇的时间就到新西兰去一次。去采集幼年的和老年的泪杉型罗汉松的花粉；并且用发现日本冷杉具有“Y”印痕的办法，对老年的泪杉型罗汉松花粉进行研究。如果用普通光学显微镜不能发现“Y”印痕的话，我考虑用扫描电子显微镜是能够发现的。还设想把幼年的泪杉型罗汉松花粉的“Y”印痕和冷杉花粉的“Y”印痕进一步加以对比研究。即使我完不成这些设想，或许读了这本书的读者中，将有人会完成这个事情。即使只有一个人，我写这本书的最大目的之一也达到了。

40. 在松粉中生活的细菌

松科花粉落在地上，一经腐烂会变成什么样子呢？腐烂后的花粉，本体内部的原生质都被分解消失了，大部分花粉只残留下坚实的外壁。不过有一种奇妙的细菌是以吸收花粉细胞的养分发育成长的，属于菌藻类古生菌目的油壶菌。日本名叫壺霉。

水塘中生活着各式各样的细菌，而壺霉是一个流浪儿（具有一根鞭毛的细胞）。它们在松科花粉或孢子囊中发育成长，视机外出游荡。

在那样小的松粉中，理应生存着更加微小的细菌。对于壺霉来说，松粉就象自己的家一样，那么它在花粉中怎样生存呢？不用担心，松粉中有大量的蛋白质和糖之类的成份，这些养分最适合壺霉发育了。然而，杉、柏之类的花粉中，也含有类似的成分；但还不清楚，壺霉是否光顾过这些美味佳酿？另外在松粉的其它伙伴中，诸如，冷杉、铁杉、鳞片云杉、喜马拉雅雪松等花粉中，是否也有细菌生存呢？还有这些细菌会不会光顾有气囊的罗汉松、竹柏等罗汉松科花粉呢？至今还不清楚。

我们可以做这样一个实验，把松树花粉放入准备好的污泥水中，让它腐烂。这样一来，壺霉似乎就可以在里面繁殖了。当然，实际情况并不是这么简单。那里面是一个自成体系的神密而又有趣的自然王国。不过也说不定你的实验会意外的顺利。让壺霉在松粉中繁殖之后，再把壺霉转移到冷杉、铁杉上面，结果又会怎样呢？不妨大家试试看！

41. 扁柏花粉（碘酒实验）

杉科花粉上面有一个小乳头状突出，这个乳头状的构造叫做突起（第9图）。杉科和柏科是亲缘关系很近的两个家庭，然而它们的花粉特征还是有些差异的。最大的区别在扁柏花粉没有乳头状突起，那么这种突起构造跑到哪里去了呢？我很长时间都没有得到答案。由于全世界的有关学者们更加热心于讨论更大的课题，对于这个小小的突起并不怎么感兴趣。事实上扁柏花粉也是有乳头状突起的，只是因为它的突起太短太小了，谁也没有看到。扁柏花粉吸水后和杉科花粉一样是从突起处破裂的。超微切片电子显微镜观察的结果表明，外壁结构和杉科花粉是一模一样的。

因此我们可以预测，杉科花粉的突起缩小后它的形态应该和扁柏花粉一样了。大家可以在春天三、四月份的时候，采集一些扁柏花粉；然后按照第42讲中所介绍的方法进行实验，可以看到扁柏花粉的突起。但没有杉科花粉那样明显。还有一种方法，如果用碘酒滴在扁柏花粉上，你就会看到这个过去难以观察到的已经缩小退化的突起，变成了一个微微突起的小点。所用的碘酒也就是当你在家里或学校里不小心碰伤了点，为防感染所抹的那一种。如果没有碘酒你想用红药水代替，是没有用的，似乎碘酒还有点特异功能呢。

在扫描电子显微镜下扁柏花粉又是什么样的呢？显然它有一个“退化”的突起，既短又小，象一个小疣。电子显微镜以它特有的才干向我们表明，杉科和扁柏花粉的构造是相似的。如果比较它们的形态的话，看上去似乎没有突起构造的

花粉应该是扁柏花粉。但是现在还不知道，是具有长长的乳头状突起的花粉是相对古老的花粉呢？还是几乎看不出突起的花粉相对古老。如果知道了它们哪一个最早来到这个地球上，我们就可以编写它们的家谱了。遗憾的是，杉科和扁柏花粉一吸水就要胀裂；还有那些只留下外壁的化石花粉，给我们观察研究增加了困难。正因为如此，地质学家和化石植物学家们还没有进行过很好的研究，我想以后好好研究一番。扁柏是绿化校园、公园、庭院的很好的栽培树种，又常常是茂盛的大森林中主要的成员。扁柏还是钻木取火的火木，它一经磨擦发热就会引起火来。

42. 杉科花粉（瞬间实验）

说起杉树，应该说是无人不晓吧，当然你也一定听说过有关日光杉并木和奈良良瓣杉的传说。然而出人意料的是，许多日本人对杉树却是一无所知的。说出人意料，是因为杉树是日本的特产，在外国生长的杉树也是从日本移植而去的。

我想起了这样一件事，那还是我在京都大学读书的时候，在东京都世田谷区成城町住着一位著名的民俗学者柳田国男先生。一天我去拜访先生，老先生给我说道：有一种说法，杉木之所以叫做杉是因为它是一种笔直挺拔的树（日语中“杉”和“直”的发音是相似的）。还有一样说法：先用“杉”给这种挺拔的树木命名之后，才有了“直”这个单词。这不只是民俗学内容，而且也涉及到花粉领域。我们可以注意和领会到这样一个内容，只有在日本的杉树才是自生

的。

杉树花粉和松树花粉不一样，它没有气囊。进一步说它的外壁构造应该和落叶松相同，也是颗粒状的。然而它和落叶松花粉不同之处在于它有一个突起，被称之为乳头状突起（第9图）。

在杉科植物中，除了日本杉之外，在北美有一种世界上最大的树，叫做世界爷北美红杉。大家大概在教科书上都看到过，那是一种可以在树干中开掘隧道的巨杉。这种红杉的花粉特征和杉的花粉一模一样；尽管树身很大，但它的花粉大小和其它杉粉相似，也只有0.03毫米大小。

这个乳头状突起又有何用呢？它是花粉发芽时，调节水分的机关，同时还是花粉原生质外溢的出口。把它做成超微切片，在透射电子显微镜下观察，可以看到这是一个管状的构造。特别是培植过的发了芽的花粉，这一特征更加清楚。我还想告诉大家一个更加简单的观察方法，我把它叫做瞬间实验。

先把日本杉花粉放在载片上，上面盖上盖玻片，在盖片的边缘，用滴管渐渐向盖片下浸水。在显微镜里，你可以看到被水浸泡的日本杉花粉立即吸水膨胀，变成一个圆球形；很快，从突起的部分把外壁胀破，可以把这个现象叫做花粉的破壁。虽说是破壁，并不意味着花粉内部的细胞赤身露体，暴露无遗，它外面还有一层壁。杉粉就是在这层壁的保护之下孕育新生的。等到需要发育花粉管的时候，花粉管就会突破这层壁，去探索它外围的世界。这和大家所熟知的凤仙花的花粉管的发芽的实验是不太相同的。

杉科花粉的这种生活方式是从前辈那里继承下来的，是

祖祖辈辈所积累的生活结晶。

采集日本杉花粉，早者要选择在11月份之后，最迟到第二年的三月份之前进行。我希望大家一定要亲自动手，做一次日本杉花粉的瞬间实验。观察时，用低倍显微镜就够了，但是为了顺利地做好实验，必须选用那些健壮的新鲜的花粉。如果能够把新鲜的花粉先用纸包起来，放置一星期左右，估计这次破壁实验是会相当顺利的，大家不妨试试看！

43. 针叶树花粉的耐干力测试

到了夏天，在烈日炎炎的天气里，当我们行走在山间小路上，那些喝到肚里的清凉饮料，都变作汗水给蒸发掉了。时间一长，就会水源枯竭，以致寸步难行，严重的人还会得一种日照病。花粉如果处在一种干燥的环境里，将会变成什么样子呢？当然花粉体内的水分也会逐渐给蒸发掉的。那么过分干燥的花粉也会枯渴死亡吗？

不同种类的花粉情况是不一样的，有的花粉对干燥无所畏惧；有的则难以忍受，干枯之后很快死亡；还有的极易干枯，枯而即死。

对干燥无所畏惧的生命力最强的花粉，是带有气囊的松科花粉。如前所述，松科气囊起着自动调节阀门作用。每当干燥的时候，两个气囊自动地靠在一起，盖着腹部。腹部有条萌发沟，是花粉管生长的地方，那个地方外壁较薄，水分可以里外平衡，如果没有气囊这个“盖”子，水分就会从体内跑光。这种结构实在是太巧妙了。许多教科书或参考书上常常写到，松粉是风媒花粉，花粉上的气囊是为了便于飞翔

的器官。然而，在我看来，与其说是为了飞翔，还不如说它有更重要的职能，就是要起到自动阀门的作用。

我们不妨来做个实验。分别采集一小酒杯松粉和一小酒杯杉粉，重量各约一克左右。为了不使花粉飞散，可把花粉放入一个小玻璃管或塑料管中，秤一下重量，精度保证在0.001克。当然，管子的重量也应是预先秤好的，精度也应是0.001克。再准备一个干燥器，放上干燥剂，把分别盛有松粉和杉粉的玻璃管放入干燥器中，使其干燥。几天之后，再拿出来秤一秤它的重量。结果发现，一克重的松粉变成了0.91克，一克重的杉粉变成了0.70克。就是说由于松粉有了气囊这种自动阀门的保护，只失掉9%的水分，而杉粉却失去了30%的水分。换句话说，松粉能够控制干燥，而杉粉容易干燥，显然，容易干燥的花粉就容易死亡。

我曾对日本的一些针叶树花粉进行过测试。在和歌山县的高野山上生长着一种颇有名气的树，叫日本金松。它的花粉和杉科花粉相似，可以储集40%的水分。实验结果表明它很快就会干枯，40%的水分一点也保存不下来。因此，它是一种不耐干燥的花粉。正因为如此，它几乎不能发芽，因为它的外壁是粒状结构，没有像松科具有气囊构造的自动阀门。所以松科花粉似乎都是比较耐干燥的。对落叶松花粉的测试结果表明，最多只失去18%的水分。

这种研究对花粉的长期保存是很有必要的。假如要培育优良的杉树树种，要从全国各地采集优良杉木的花粉以备授粉杂交之用，就有必要保存好花粉的生育能力。这是一件绝对必要的事。

我把这种实验叫做针叶花粉的耐干力测试。根据这个实

验的结果，我们可以判断，2亿年前的种子蕨花粉差不多也应该具有很强的耐干燥能力。假设可以测试的话，估计失水量会在9%以下。大凡具有耐干燥能力者，也同样具有耐寒能力。怪不得在石炭纪末期当干燥的寒风席卷地球时，它不仅大难不死，还能傲然而立。

金沢大学的藤则雄教授对琵琶湖200米的钻孔样品做了花粉分析。结果表明，凡是生活在寒冷环境下的卧藤松花粉富集的时段，都缺乏金松花粉；而金松花粉富集的时段又缺少卧藤松。可见花粉的耐寒试验可以和花粉分析有机地结合起来。

44. 固有种（地方种）之谜

前面讲到每个花粉各自都有它固定的N.P.C.（数目，位置，特点）和萌发器官（第24—27讲）。象萌发孔啦、萌发沟啦、器官数目啦等等。然而有事实说明，同一种植物由于生活环境不同，其萌发器官的N.P.C.是不一样的。这好象有点不可思议，不过如果仔细研究的话，其中也不乏奥妙丛生。这里我们先把有这类性质的树种叫做固有种*。

有一种蔷薇目的豆科植物名叫川品胡枝子（因见于东京的品川地区故命之川品胡枝子），也叫箭囊胡枝子。它的原籍在中国北部地区，可以说是侨民。现在它们多生活在海滨地带，是多年生的野生草本植物，夏季开花。这类植物花粉有三个孔，一般称为三孔型花粉。然而在秋田县男鹿半岛和石

* 即地方种。

川县能登半岛的川品胡枝子花粉却是二沟型的。不仅变成了两个长长的发芽沟，而且互相之间还连接在一起。

在日本各地的中学生和高中生，如果能对各地的川品胡枝子加以研究；画出花粉地方种的分布地图，一定是非常有意思的。这不仅可以了解到在什么地方发生了怎么样的变化，或许还能发现新的地方种。

地方种不只存在日本内地。有一种无患子目的凤仙花科的凤仙花植物。在日本，它的花粉象豆腐块那样是平平的四角形的，有一个光溜溜的平滑的表面，有四条萌发沟，每个角上分布一条。然而在印度南面的锡兰岛（现在叫斯里兰卡）的凤仙花花粉却是球形的，还生长有刺，它的萌发器官不是沟，而是变成了四个凸出的孔。如果再向南越过赤道到爪哇岛，凤仙花花粉同样是带刺的球形花粉，不过萌发器官又变成了三个凸出的孔。

为什么会发生这样的变化呢？莫非它们是不同的种类，还是相同的种类因地而异的地方种。如果是地方种，那么哪一位是正宗祖传的形象，哪一位又是叛逆了的变态呢？或者它们分别归顺于不同的家族？这些都还是个谜。

一般说来，花粉原来的形态和性质是不会急剧变化的，然而，或许有个例外呢？等大家长大之后，来从事这方面的研究工作，说不定能得到答案。

45. 牵牛花的花粉

夏天来了，处处都盛开着牵牛花，我们为何不研究一下它的花粉呢？

牵牛花类型繁多，色彩丰富，红、蓝、白色应有尽有。因此，大家可能认为红花里面的花粉应该是红色的；蓝花里面的花粉是蓝色的，白花里面的花粉是白色的。其实不然，仔细观察就会发现，无论花的颜色红、蓝、白色如何变化，而它的花粉始终是白色的。

在手指上抹一点花粉，只要留神一看，就会清楚花粉是怎样的颜色。如果再仔细观察一下，就会注意到，手指上的花粉尽管散乱，但一个一个异常清晰。这里要提醒大家的是，我们要养成这么一个习惯，无论遇到多么小的颗粒，最好都能按照（第10讲）肉眼分辨力测试的方法测试一下自己的分辨力。假如有人能够一个一个地数出牵牛花的花粉数目，就说明他的肉眼分辨力已达到 0.12 毫米。如果一般的中学生连这么大小的颗粒也分辨不清楚的话，就说明他的眼睛情况已不太妙了；要想仔细地观察花粉，只好借助于眼镜或放大镜了。

如果学校里有一台可以放大100倍的显微镜，一般情况是目镜10倍、物镜10倍，总的放大倍数就是 $10 \times 10 = 100$ 。那么 0.1 毫米的花粉在显微镜下就有10毫米大小，看上去和弹球盘上的1厘米大小的台球相似。如果物镜40倍，那么总的放大倍数就是 $40 \times 10 = 400$ 倍，看上去台球就要变成高尔夫球了。

细心观察还会发现，整个牵牛花的花粉上到处布满了刺和萌发孔。这些刺的基部都显得比较粗壮，头上有一个长长的刺。还可以注意到，这些刺排列在萌发孔的周围，排成规则的4角形，5角形，6角形的图形。另外，还可以看到这些4角形，5角形，6角形的中央区有一个小小的丸球状凸起的萌发孔。这样的萌发孔，最多可达到100个以上。显微镜下，

这些美丽的小精灵让人目不暇给。如果你能把粘附在雌蕊上的花粉轻轻地取下来，放在玻璃载片上面加上玻璃盖片，再从边缘慢慢向里浸水，放在显微镜下可以看到花粉管向外伸展的情景。

每天早晨，牵牛花鲜艳夺目，怀抱着大型而又美丽的花粉，我劝大家不要错过时机，把观察牵牛花花粉作为暑假的自然观察项目。

46. 旋花和葫芦花的花粉

无论牵牛花、旋花、葫芦花都属于唇形目旋花科植物。旋花常作为一种杂草悠然自得地生活在海边路旁。它的花粉形态又是怎样的呢？它的花粉大小只有0.08毫米。放在显微镜下观察的话，可以看到花粉表面显得非常粗糙，还称不上是刺。上面分布着大约30个左右的圆形、椭圆形的萌发孔。如果给这种花粉画素描图的话，是很容易抓住特点的。

葫芦花^{*}是生活于台湾等亚热带地区的旋花科植物。花粉大小为0.15毫米，萌发孔有200个以上。花粉表面布满了小刺。在日本如果问到葫芦是怎么样的植物，许多人都会想到那是象丝瓜一样的吊在架上的一种植物，属于葫芦科。说不定什么时候电视台举办智力竞赛，出上这样一道题目，问“夕颜”是什么科植物，如果回答是“昼颜”^{**}，即是“朝颜”^{***}，牵牛花的同伴。那就错了。正确的答案是葫芦科

* 日文汉字名：夕颜或夜颜。

** 旋花的日文汉字名。

*** 牵牛花的日文汉字名。

植物。

不过在现在的植物学划分上，无论葫芦科还是旋花科都包括葫芦类植物。但是，要知道只有在日本旋花科并不包括葫芦类植物。说到这里我们自然又要对旋花花粉和牵牛花花粉比较一番了。

如第2图所示：其中A、B为具有三条萌发沟的西洋旋花花粉（栽培种）和萌发沟表面的凸起构造；C、D为具有30个萌发孔的旋花花粉（野生种）和孔表面的凸起；E为茑萝花粉（栽培种）和牵牛花花粉极为相似，具有200个萌发孔，不同的是它的刺的顶部变成了圆形。茑萝植物长有一种异常美丽的小花。这个小小的花朵悬在空中，非常逗人，极适合于庭院栽培，花粉直径为0.1毫米。牵牛花花粉属于大型的，直径达0.2毫米，并且还具有大约100多个漂亮的萌发孔（F）。旋花属于旋花属，西洋旋花属于西洋旋花属，不同的属，花粉形态也不同。

47. 爵床科的花粉

相同种或相同属的花粉在很多情况下是不会有什么差异的。但是，唇形目爵床科的花粉很特殊，即使是同一科的花粉相互之间也有着非常大的差异。根据费夏（1890）的研究，同是爵床科花粉，花粉的外壁有的平滑，有的长刺，有的皱纹，还有的呈带状，还有的变成了蜂巢状，形形色色。另外就萌发孔来说，有的呈螺旋状，有的具2孔或3孔。日本的桂叶老鸦嘴、翼叶老鸦嘴具有螺旋状萌发孔，而爵床花粉呈2孔型的，日本肝菜花粉是3孔型的。

为什么同一类植物的花粉会变出这么多花样来呢？我想爵床科的植物大概是其它众多的科属植物的混血儿。一般称之为多原植物，也可以说是一群乌合之众。我认为不是花粉有什么变化而是把不同的花粉集中在一个科里了。植物中有的科有时也具有这样或那样形态不一的花粉，称之为异型花粉群。与此相对的是同型花粉群。葫芦属于异型花粉群。与此相反，扁柏，禾本科等都是同型花粉。花粉对于植物科属的建立是有作用的，花粉在植物科属中与分类、系统、进化等方面都有重要的关系。

48. 唐松草花粉的发芽力

和唐松草相近的一些植物都能生长一种奇妙的花。这类植物在欧洲生长两性花（有雄蕊和雌蕊的花）。然而在美洲类型就多了，有的是雄株和雌株互相分离的雌雄异株类型，有的是杂性（同一植物上混有雄花、雌花和两性花）类型，还有的是雌雄同株类型，不过大多数是雄株和两性株类型（两全花）。

从花粉特点上来看，雄株雄花有雄蕊38—40个，花粉有9个萌发孔，具有正常的发芽能力；而两性花有雄蕊11—12个，花粉没有萌发孔，一般不具备发芽能力，因此它们的种子应该是由雄株花粉授精之后孕育出来的。这说明两性花中的雄蕊已经退化不起作用了，可以认为这是冒牌的两性花。总之，花粉囊中有两种类型的花粉。

在日本唐松草是在9月到10月份开花的，多数是盛产于欧洲的两性花类型，而很少有美洲式的类型。两性花花粉已

经退化，两性花也叫两全花。如果经常能用心观察花粉的形态，研究花粉的性质，进一步测试花粉的发芽能力，你会感到其乐无穷。

唐松草属于双子叶植物中最原始的毛茛目毛茛科植物。因为这是一个比较低级的科，花粉的分化很可能还不充分，我们可以从花粉的特点上了解这些信息。还有一个例子，就是毛茛科的牡丹。重瓣的牡丹花下面有一个绿色的花萼，这花萼说不定什么时候又会变成花瓣，花瓣又会变成花蕊。总之，花萼、花瓣、花蕊很难分得清楚。

49. 款冬花粉

在唐松草一节中已经讲到，两性花的花粉没有生育能力，这种两性花可以认为是伪装起来的雌花。而在款冬（菊科）植物上却有一种正相反的情况，款冬包括雌株（雌花）和两全花（两性花）。两性花的雄蕊和雌蕊在形态上都是完整的。对于款冬两性花来说，虽然它的花粉和自身的雌蕊交配是不能孕育种子的，但是两性花的花粉如果和雌株雌花的雌蕊交配就能孕育种子。可见款冬的两性花，从它的功能上来看雌蕊是无用的，可以看成是只有雄蕊的雄花，总之，这与唐松草被伪装的雌花相反，款冬的两性花是一种被“伪装”的雄花。

款冬的两性花可以认为是雄性化的花，决定花的雄雌要取决于雌蕊和花粉的特征。

款冬是野生植物，遍地生长，请务必观察一下它的花粉形态。

款冬在普通的植物图鉴上是注明为雌雄异株的，然而可以看到，雌花中没有雄蕊，故称为雌性花无疑。但在雄花中却有退化的雌蕊，故可以认为是两性花了。菊科是高度进化的科，然而，所谓进化并不意味着所有的器官都并驾齐驱。总有这么一小部分器官落伍，退化，而对这些落伍者也不必留意。正象日本人是一个优秀的民族却长有蒙古斑一样，这一点在生物进化上面是很有趣的。植物的进化，植物系统和花粉的关系将在第94讲中讲到。

50. 黑麦草花粉的变异

成熟的禾本科花粉通常都含有 2 个雄核和 1 个花粉管核。由于含有 3 个核，又常叫做 3 核性花粉。然而，在干旱炎热的天气里，禾本科的黑麦草花粉，不仅花粉产量极少，而且，黑麦草花粉核经过一次核分裂，分成一个花粉管核和一个生殖核之后，还会发生变异。有的花粉中花粉管核消失了，而有的花粉中花粉管核反倒又再一次分裂出 2 个花粉管核。这样一来，通常是 3 核性的花粉，却变成了 2 核性的（2 个雄核）或者是 4 核性的（2 个雄核和 2 个花粉管核）花粉。

即使一个花粉有两个花粉管核，由于只有一个萌发孔，要生出两个花粉管是不可能的，因此也只能伸出一个花粉管来。禾本科的花粉经常发生这类核的变异。是什么原因还不清楚。裸子植物（松、罗汉松等）的花粉也具有多核的前叶体核，似乎有些异工同曲之处，把这种现象叫做黑麦草的变异。花粉的核很容易用醋酸洋红染成红色（在 45% 的醋酸中加入 1% 的洋红粉，洋红作色素，煮沸制成饱和溶液，冷却

备用）。有关花粉核和进化系统的问题，将在第94讲中叙述。

51. 莎草类花粉的变异

一般说来一个花粉的母细胞能够分裂出四个花粉。但是莎草科的莎草、红鳞扁莎草等植物，以及灯芯草科植物却标新立异，与众不同。它们的一个花粉母细胞只生出一个花粉。

莎草科花粉的母细胞一般呈楔形，在雄蕊的花粉囊中围绕一个狭窄的中心排列成一圈。花粉母细胞按照正常的减数分裂，分裂出4个核，母细胞也就被分成了四部分。但是由于其中有3个核集中在一个狭窄的楔形空间中，只能形成极小的分子；而另外广大的空间剩下1个核可以长成一个大的分子。不久它就作为一个完整的分子生长起来。另外三个核拥挤在一起，难以发育，逐渐被吸收，最终灰飞烟灭消声匿迹了。不过花粉上面的那些萌发孔，说不定是其它三个已消失的花粉留给它的纪念品。莎草花粉看上去象是由四个花粉结合在一起的四合体。如果用心研究这类花粉的形态、发芽力等，说不定还会发现许多奥妙。莎草植物分布在田野路旁，望大家能观察到它的花粉形态。

赛林哥（1947）把莎草花粉叫做假单粒粉或者是潜在的四合粉。在花粉的远极有一个真正的萌发孔，其它4—1个貌似孔的构造，可以叫做假孔。花粉的大小有0.03到0.05毫米左右。

52. 櫻草的两型花粉

櫻草（又名报春花）可以开出两种形态的花。一种花的雌蕊长，雄蕊短；另一种花的雄蕊长，雌蕊短，这种类型的花叫两型花。长的雄蕊孕育着大型的花粉，短的雄蕊孕育小型的花粉。奇怪的是，大型的花粉粘在同一朵中的短的雌蕊上并不发芽；而要借助于虫媒搬运到另一种花上面，和长的雌蕊交配才能发芽，这种具有两种型的花粉叫做两型花粉。櫻草的两型花粉是比较有名的。如果家里种了櫻草花，你不妨观察一下，它的花是雄蕊长雌蕊短还是雌蕊长雄蕊短。

我们知道了櫻草的花是两型花，接下来要比较一下櫻草的花粉大小，长的雄蕊的花粉大而长且带刺。再来比较一下雌蕊的特点，特别是要比较一下雌蕊的柱头部分。长的雌蕊的柱头表面分布着长而大的凸凹不平的纹饰，而短的雌蕊的柱头表面分布着短而小的凸凹不平的纹饰。

因此为使受粉的花粉发芽，柱头上的凸凹纹饰和花粉上的刺大小配合得恰到好处。大型的纹饰有大型的花粉做伙伴，小型的纹饰有小型的花粉做朋友。象齿轮那样紧密地组合起来，这种构造之巧妙让人惊叹不已，其奥妙无穷又让人不可思议。更加让人拍案称奇的还有它的化学性质。

知道氢离子浓度（pH值）这个名词吧，氢离子浓度的大小表示了酸碱度的性质。 $pH=7$ 为中性，比7小为酸性，花粉的pH值一般是5—7左右。櫻草花的大型花粉和长型雌蕊的柱头的pH值都是4.7，小型的花粉和短的雌蕊柱头呈弱酸性pH值都是5.9。因此，即使昆虫在搬运过程中错把

小型的花粉丢在大型的雌蕊上面，由于 pH 值不同，小型花粉也不能生长出花粉管来。这是化学自动控制装置在起作用。

樱草春天开花，买上一盆盆栽樱草，既能观赏玩味，又可以学到许多知识，何乐而不为呢。樱草是合瓣花类。樱草科植物，作为花来说是一个非常进化的科。这种两型的花粉或两型的花柱大概就是一个进化的证据。

53. 醋浆草的两型花粉

所谓酢浆草是一种经常生长于庭院的杂草。由于它毫无价值经常遭到清除。然而你如果凑到它的花前，仔细观察一下，或许能发现它的雄蕊是长短不一的。

长型雄蕊的花粉（直径0.04毫米）有6条萌发沟，短型雄蕊的花粉（直径为0.03毫米）只有3条萌发沟。这种酢浆草的花朵虽然小，但它的花粉却相当大，观察起来是比较容易的。如果仔细观察的话，还会发现沟的构造也稍有不同。长型雄蕊的花粉上面只是沟，而短型雄蕊的花粉的沟中央还有小型的孔。

那么雌蕊和它的柱头还有没有什么特点呢？酢浆草是经常可以看到的一种杂草，无论是路旁，校园，到处都有分布。酢浆草属于天竺葵目酢浆草科植物。栽培品种称之为花筛。是一个并不怎么进化的科。

54. “炮丸”树的两型花粉

所谓“炮丸”树是一种离瓣类蒲桃目玉蕊科植物。它的果

实特别象运动会上投掷用的铅球，还有人把它比喻成炮弹，叫做“加农炮弹”，所以这种树叫“炮丸”树。

这种植物生长在温热地区，在日本很难培植，在温室里成活的也不多，更不会有野生种了。在美国的加利福尼亚大学的校园里有这种植物，不过好象我们的留学生们也不大注意，要知道这种两型花粉的植物是非常有意思的。

这种植物原产于美国中南部，花色美丽，黄里透红，香味优雅，浸入腑肺。象君影草一样清香，还有人说恰如茉莉花一样醉人。在这种花中有众多的雄蕊围绕在雌蕊的周围。而且最罕见之处是一些雄蕊有一个偏向一边的舌状延伸部分。舌尖部分向上翘起展延，象一层屋顶掩盖在雌蕊上面，又象屋顶一样从雌蕊的另一边垂掩下去。

这样看来盖在雌蕊上面的雄蕊是向下群体生长的。因此在所有的雄蕊中，既有向上生长的也有向下生长的。但它们各自孕育了不同形态的花粉。

围绕在雌蕊周围向上生长的雄蕊，所孕育的花粉都是小型的一粒粒散开的单粒花粉。象屋顶一样盖在雌蕊上面的向下生长的雄蕊所孕育的花粉都是大型的4个花粉粘在一起的四合花粉（第60讲）。

同一朵花中具有两种类型的雄蕊和花粉是非常罕见的，为什么会成了这个样子的呢？我们对这些事情还实在是一无所知。四合花粉在杜鹃花中是经常见到的，但杜鹃花中只有四合花粉，没有单粒花粉；还有具有单粒花粉的花也是很多的，但它们始终就孕育着单粒花粉，而没有四合粉。

不过从花粉母细胞的分裂顺序来说，首先要准备好分裂的准备。有的母细胞一成熟就散发出了一个个分散着的单粒

花粉；而有的细胞即使成熟了，还是四个花粉连在一起的四合花粉。总的看来，是经过四合粉的阶段之后又形成单粒花粉的。所以许多人认为单粒花粉是相对四合花粉更为进化的形式。因此向上生长的雄蕊可以孕育出比较进化的单粒形式的花粉，说明这类雄蕊是比较进化的。而向下生长的雄蕊应该是相对原始的。大家将来如果有机会去美国留学的话，不要忘了参观这种“炮丸”树。

55. 先摘帽后发芽的南瓜花粉

南瓜花粉具有很多的萌发孔，并且很大，是比较适合暑假作业的研究材料。在萌发孔上面盖着一个盖，这个盖叫口盖，并且盖的上面还长有刺。西洋南瓜花粉的口盖上有2—3个刺；日本南瓜花粉的口盖上有一个顶端呈球状的刺。

发芽的时候，要先把口盖拿掉，就象摘帽子那样，露出萌发孔，没有口盖的压力，花粉管才能生长出来。在花粉的成熟过程中，这个口盖是紧紧地吻合在萌发孔上的，很难把它取下来；而当花粉成熟之后，这个口盖就很容易脱落了。不知道为什么，南瓜花粉里面有很多水分，为了不使它干掉，需要把萌发孔牢牢地盖上。每当我收集了一点南瓜花粉，总是搞得湿漉漉的，原来这些水分是可以从花粉中渗出来的。

我们知道湿的南瓜花粉是不能交配授粉的，当然将来也就不能结果了。这个秘密在于雌蕊的柱头和花粉的水分。在南瓜园里，把早晨开放的雄花，趁着露水未干，扣在雌花上面，待它们干后授粉，就是这个道理。

接下来要给花粉摘帽子了。把少量的南瓜花粉放在玻璃

载片上，然后加上盖片，从盖片的边缘用滴管慢慢向里浸水，你马上就可以在显微镜下看到南瓜花粉了。这是些黄色的大型的花粉，只要放大倍数有 100 倍或 200 倍就能看得清清楚楚。先观察一下在萌发孔上盖有口盖的地方，不要忘了画个草图，把口盖上刺的数目和形状记录下来。然后用手指在盖片上轻轻地左右搓一下，注意不要用力过大，否则花粉会被压破的。这样一搓，口盖就会象摘帽子一样给摘了下来。萌发孔露出了真面目，如果留心向周围看一下，到处都是脱掉的口盖，毫无疑问，南瓜花粉是摘掉帽子之后再发芽的。

不过这样往往又会引起一个有趣的事情。花粉吸水之后再给它施加压力，花粉就会“噗哧”一下突然爆发。虽说是爆发，并不是指它发出了声音，而是指花粉的内部物质也可以说是原生质象喷射气流那样从萌发孔中喷射而出。这是因为，花粉日益积累着发芽的力量，当萌发孔突然暴露之后，原生质就喷射出来了。

这种原生质的喷射情况在许多花粉中都是可以看到的。只要在水中加上少量的盐酸和硫酸，萌发孔的外层就容易变薄破裂，破裂的情况还会更加厉害。另外，还可以用浓度不同的各种类型的药品都试验一下。

这种原生质象水一样喷出的现象叫做原生质的喷出。花粉喷出原生质的情景，很象发生火灾时的老鼠，惊恐万状，急速逃窜。有的花粉甚至还就势滴溜溜地旋上几个圈，无奈大祸临头，只好饮恨终生了。

南瓜属于合瓣花类葫芦目葫芦科，是双子叶植物中最进化的种类之一，怪不得，它能生出这样精巧的构造来。

56. 薰荷花粉的脱壁实验

我们讲过杉科花粉等在水中会把外壁胀破，还讲到破壁的原因，并指出这在古老的种类中是常见的现象。奇怪的是在进化的植物种类中也有破壁的花粉，不过，它们并不是轻而易举地就可以破壁的。这还要在破壁的时候想想办法。

薰荷在药店里是可以买到的。夏天，薰荷在接近地表的地方露出嫩嫩的新芽，撑着新生的花蕾，含饱待放。在药店里买到的薰荷就是这类花蕾。

在一个酒杯里加进一些水，再把新摘的花蕾插到里面，不久就会开出黄色的花，但是很快它就枯萎了。在它的花中有一个大的花粉囊。

薰荷属于姜目姜科姜属单子叶植物，是古时候从邻邦中国进口来的，现都成了野生种了。

薰荷的花粉囊象竖起的嘴唇，成熟之后变成黄色，并纵向裂开，撒出许多花粉来。花粉大小有0.2毫米，是一种非常大型的花粉。并且它那细长的形态活象一个橄榄球。在低倍显微镜下就可以看到许多宛转曲折的条纹顺着花粉的长轴排列着，并在长轴的两端汇集起来，看上去就象百合花的花粉，只是看不到萌发沟。那么它是从那里发芽的呢？花粉管生长的地方，或者说相当于萌发沟的部位，一定是外壁变薄，或者是比较软弱容易突破的地方。它的外壁不耐酸。在一只小型试管里，滴上一滴盐酸，振荡一下，配成极稀的酸（盐酸或硫酸都可），就可以把外壁的薄弱部位破坏掉。

薰荷花粉离开花粉囊后是很容易变干的。把薰荷花粉放

在玻璃载片上，加上盖片，从盖片的边缘向里浸入酸液。转眼之间花粉就会膨胀成球形。布满皱纹的外壁也很快舒展开来。当这些纹饰互相分离之后，花粉内部的细胞质从裂隙之中脱溢出来。最后剩下了一个精致的外壁。但是这个实验并不象杉科花粉那样可以把全部的外壁都脱掉，有的脱起来比较干脆，也有的不那么便当。如果囊荷花粉的外壁是牢固的，那大概是花粉内部的物质出了故障。巧妙完整地脱下来的外壁，象一个竹篓或竹笼子。其上有两块圆形的板，从这两个板上散发出外壁的纹理（图7）。

可见纹理与纹理之间的空隙是容易膨胀也是容易破碎的地方，这些特征都和萌发沟相似。就象杉科花粉的乳头状突起，将成为花粉生长的区域。这类空隙遍布在花粉的表面。

这些纹理如何成为螺旋状的，它的机理还不太清楚。但如果详细观察它的形成过程，就可以知道，花粉在花粉母细胞中是扭曲着生长的。如果大家有兴趣的话，可找一个嫩的小花蕾，把它挤碎，制成薄片。从盖片边缘向里浸入比较淡的龙胆紫水溶液，由于外壁被染成了紫色，看起来就非常方便了。

要想采集囊荷花粉，可在8月到10月份进行。并且囊荷还是厨房和药店里的座上客，在你食用前只要把花粉囊取下来就可以做实验了。如果想长期保存，就把它放在70%的酒精里。要知道放在酒精里的花粉是不能脱壁的，为什么呢？因为酒精对外壁和细胞质都可以起到固定作用。

57. 凤仙花花粉的发芽实验

在花粉管的发芽实验中，最简单的实验是凤仙花花粉的发芽实验。凤仙花花粉为一扁平的长方形，每一个角里都有一条平分角的萌发沟。但是由于花粉吸水之后就膨胀成圆形，看上去就象四条纵向排列的萌发沟了。花粉的厚度有0.02毫米，长与宽为 0.04×0.02 毫米，体积不大。在200倍的显微镜下只看到一个很平常的颗粒。不过凤仙花花粉有一个绝招，那就是它的花粉管生长得非常快。

把花粉洒在载片上加上盖片，从旁边慢慢向里浸水，过1—2分钟后，萌发沟开始膨胀。大体是先从一个地方开始膨胀，然后从膨胀的地方伸出花粉管。如果顺利的话，它能一个劲地向外长，很快就达到花粉直径的好几倍，并且另外的萌发沟中也开始伸出了花粉管。如果在浸入的水中加上5%左右的砂糖水，效果就会更好。如果长的太长和相邻的花粉管连在一起，就搞不清楚到底是那个花粉生长出来的了。这里有一个实验的窍门，就是开始做片子的时候，要特别注意是否把花粉一个个分离开了，或者散开的程度是否恰如其分。

大家是否清楚，为什么凤仙花花粉的花粉管生长得这样迅速呢？这种情况，很象随时待发的运动汽车，当绿灯一亮，只需要3秒的时间，就可以从静止状态开出400米的距离。也就是说，凤仙花的花粉管是以运动汽车的速度生长的。它的奥妙在哪里呢？这还要从凤仙花的另一个伙伴，吊船草生长的地方讲起。

吊船草和凤仙花是同科同属的植物。每到9月份左右吊船草就在稍微阴凉潮湿的地方开出美丽的花来，花的形状就象一只被吊起来的小鱼船，很是好玩。有开红花的红吊船草和开黄花的黄吊船草。由于这些花枯萎得特别快，采花粉的动作一定要迅速，不能慢吞吞的。落到雌蕊上的花粉如果不能迅速地伸出花粉管，很可能会误失大好时机以至后悔莫及。而且最佳状态往往在背阴且有些潮湿的地方形成，因为在这些地方，稍微有点水分就可以立即生长出花粉管来。不过凤仙花是吊船草的改良品种，可以生长在庭院向阳的地方。然而凤仙花的花粉并没有忘记它的同伴吊船草花粉的生活习性，还具有着“每3秒400米”的高速度的潜力。这是暑假花粉作业中又一个有趣的素材。

接下来我们解释一下凤仙花的名子。凤仙花和吊船草同属于凤仙花属。拉丁语学名是 *Impatiens*, *im* 是否定的意思，*patiens* 是忍受、忍耐的意思，名子的含义是难以忍受的意思。成熟的凤仙花果实只要被什么东西碰一下，就会“嘣”地一下裂开，里面的种子趁机蹦跳出来，象一个一触即响的摔炮，实在是难以忍受。因此这个花名子的意思对我来说就是不可接触。这样看来，凤仙花种子就象一个脾气暴躁的醉汉。而凤仙花花粉也不甘示弱，扮演了一个冒失鬼的角色。

在爪哇岛和斯里兰卡岛上，凤仙花的花粉形态有所变化，这在地方种之谜中已经讲述过。

有一次，我把刚刚采集来的凤仙花花粉洒到玻璃载片上，然后向上吹气。借着吹气中的水分和温度，花粉管竟是突然而出，实在让人惊讶不止。大家不妨也试试看。

58. 银杏花粉的发芽实验

银杏树一般是在4月中旬或稍后开花，虽说都开花，但并不是每一棵银杏树都能产花粉。银杏树有两种类型，一种是结白果的雌树，又叫白果树；另一种是只开雄花不结果的雄树。一到9月，公园里有的银杏树上果实累累，圆形的果实差不多有2厘米左右，这类结果的树就是雌树。而旁边假如有一个大小粗细相近的银杏树，上面一个果实也没有，那么，这棵树就是雄树。

我曾给京都大学西部校园内路旁的银杏树都编上了号码。每年记录下它们开花的时间，坚持了差不多有十年。结果表明，气候稍热的年份，花开得早些，大约在4月20日左右。最晚的一次是4月25日，在关东地区是4月20日或稍后几天。

一次也没有见过银杏雄花的读者请注意，虽说是雄花却没有花瓣也没有花萼，因为是雄花自然也没有雌蕊。在一条花丝上悬挂两个花粉囊的花是雄花。花粉囊绿色，大小0.15毫米左右。随着花粉的成熟逐渐变成黄色，最后随风飘散。花粉像一个橄榄球，细长形，粗细0.02毫米，长度0.03毫米左右。在腹部沿着长轴的方向有一条萌发沟。

银杏花粉很不容易发芽。它不像凤仙花花粉那样是冒失鬼，而要等到它慢慢地安顿下来之后，才能考虑发芽的事。这是一个嫌好道歹好挑剔的家伙。冬天在培养基中加5%的蔗糖，然后再向里洒上新鲜饱满的花粉，温度控制在摄氏25度。2—3天之后，原来的橄榄球形膨胀成了圆圆的气囊形，

并且在花粉上长出了众多的小颗粒。这些颗粒都是些淀粉粒，在放入培养基前是没有的。每当在培养银杏和苏铁花粉的时候，在花粉管伸出的前几天，一定会有这种淀粉粒出现。因此每当有淀粉粒出现，我就意识到花粉管就要发芽了，也就是说实验成功了。

然后银杏花粉将慢慢地伸出一个象花粉管的管子，所谓象花粉管的管子，就不是真正的花粉管。开始伸出的这个管子侵入到雌花的花粉室的“墙壁”之内，从中吸取营养，达到养育花粉的目的。它的作用就象是从种子下面伸出根。并且要待5个多月之后，在花粉的另一侧发生膨胀并蹦出两个精虫来。也就是说，银杏花粉有两个花粉管，一个是吸收管，一个是发射管。

银杏的精虫是游动的，它后面还缠着细毛状的头巾。当它遇到雌花中的卵之后，就会丢掉头巾，直入卵中。

每年4月20日左右，被风吹到雌花上的花粉要在雌花的养育室养育到9月份，才可以放出精虫。在京都大学当学生的时候，每到9月初，常常能采集到满满一铁桶白果。把这些白果的顶部切开就可以研究了。

在植物体内竟然还会有游动的精虫，这是一个惊人的发现。取得这一成果的正是一位日本人，名叫平漱作五郎，他是东京帝国大学理科大学植物学教研室的一位不出名的实验助手。那是在1896（明治29）年的秋天，当时这种银杏树生活在东京都小石川东京大学植物园内。在世界各国的植物教科书中都可以看到它的肖像。指导平漱进行研究的是池野一郎教授，池野一郎把这一巨大的功绩全部让给了平漱。第二年，即1897年对苏铁的果实进行观察，同样发现了从花粉中

游出来精虫的现象（第6、99讲）

我这样讲过之后，当大家再向蒸鸡蛋羹中放白果的时候，就会自然想到平漱和池野吧。不过要知道，培养银杏花粉不是一件容易的事。即使能使他发芽，但要达到使它放出精虫的程度，难度就更大了。

如果把银杏花粉的花粉管和凤仙花花粉的花粉管进行比较的话，可以发现，银杏的花粉管生长得实在太缓慢了，好比是运动竞赛车和翻斗车相比。翻斗车尽管力大无比，不怕任重道远，但是如果让它急速起动，突飞猛进，是无法和运动车相比的。它只能慢慢地一点一点地把速度加上去，甚至连发动机器都需要花费很多时间。发动机发动之后，还要让它空转一会。银杏和松树的花粉，它们的花粉管延伸和生存的时间都比较长，也说明了这是一种原始的不进化的远古的生活方式。地质时期中的气候有时是异常残酷的。在具有花瓣和子房的被子植物出现之前，大概都是这样慢悠悠地长出花粉管的。这些花粉管的种种发芽方式，自然也会有它漫长的发展演化过程。

59. 银杏花粉的授粉距离

在许多寺院和神社中一般都长有许多高大的银杏树。凡是雌银杏树都能结出白果来，到了秋天就可以采集这些果子了。不过如果观察一下的话，就会发现，周围并没有雄性银杏树。可以想象，给雌树授精的花粉，一定是从很远的地方飞来的。

于是可以考虑做这样一个实验，这是一个稍微需要一点

耐心的实验。开始先把白果埋在地里，等它抽芽吐绿，长出幼苗。在还未长成大树之前，是无法知道它是雄性的还是雌性的，还要待到它开花之后，才能看到它的真面目。但是，如果在这个树苗上嫁接上雌树的树枝，那么整个小树全会变成雌树。然后把这棵雌树栽到尽可能远离村庄和神社的没有雄树生长的地方。几年之后，再去观察，雌花开过后，它会不会结出白果呢？

把外围有雄性银杏树的地点都标在地图上，如果雌树结出了白果，说明至少从哪个地方飞来了银杏的花粉。于是测出雌树和离它最近的雄树的距离，把这段长度暂定名为授粉距离。

在地质时期中，银杏树也曾定居在日本的土地上，但后来绝迹了。现在生长在日本的银杏树，是从相邻的中国引种来的，因此即使在人烟稀少的深山中也是不可能有自生的雄树和雌树的。这样，就能保证成功地做好这个实验。我想日本的少年朋友们如果能做这个实验是很有意思的。

60. 花粉的粒型（从单粒到复粒）

成熟的花粉，很多都是一粒一粒分散开的，就把这种一粒粒的花粉叫做单粒花粉。象松、杉、蔷薇、菊等绝大多数都是这个类型的。但并不是所有的花粉都是单粒的，有时也会有每两个花粉连在一起的花粉形态，这种花粉称之为二合花粉；或四个花粉连在一起的就称之为四合花粉。如此类推，花粉粒型可以有许许多多。把花粉的这种特性叫做“粒型”。

二合花粉的例子比较少，不过川苔草目川苔草科的川苔

草花粉是属于这个类型的。川苔草生活在日本鹿儿岛县川内河中，是一种少见的水中显花植物。

四合花粉的例子就比较多了。最常见的是杜鹃科的杜鹃花粉，有四个花粉规规矩矩地拥抱在一起。尽管花粉母细胞早已经成熟了，这四个花粉还是不肯分手，它们相依为命永不分离。有的学者还把四合花粉分成两个类型，之一是完全四合粉，一直连在一起，互不分离；之二是不完全的四合粉，互相很容易分离。

八合花粉（或者双四合花粉）大概是两个花粉母细胞粘连在一起的花粉形态。象豆科的含羞草的花粉就是这个类型的。

所谓十二合花粉大概是三个连在一起的花粉母细胞，它们团结一致，经受了成熟、分裂的考验，从此不再分离。如豆科的红合欢（或叫朱缨花）花粉中有些就属于这种类型，这种植物生活在美国中南部。

还有十六合花粉，也是由四个花粉母细胞连在一起的花粉形态。象豆科的红合欢和孔雀豆等都可以看到这种类型。孔雀豆产于台湾。

所谓二十八合粉，也可能是七个连在一起的花粉母细胞组成的花粉形态。在孔雀豆的花粉中可以看到这种类型。

还有三十二合粉，是由八个连在一起的花粉母细胞组成的花粉形态。如豆科的红合欢花粉。

这种在花粉母细胞成熟之后分娩出来的花粉，有的全部分散开（单粒粉）；还有的是半连在一起的（二合粉），还有的全部连在一起的（四合粉）；甚至还有二个母细胞连在一起的（八合粉）；三个母细胞连在一起的（十二合数）；四个母

细胞连在一起的(十六合数)；七个母细胞连在一起的(二十八合数)等。这到底是什么原因还不清楚。还有些数字排列成1, 2, 4, 6, 16, …, 28, …的数列，并不是凡是2的倍数的数都可以列入。为什么没有3合数，20合数，24合数呢，还有待于进一步探讨。或许会有新的发现。把这个作业留给小小科学家们去做吧。把四合以上的花粉叫做多合花粉。

以上所举的例子都是双子叶植物，当然在单子叶植物的兰科等花粉中也有一些有意义的例子（第16讲）。我现在正在利用扫描电子显微镜进行研究，希望能解开这个谜底。这件事貌似容易，其实是非常困难的，也是一个奇怪的问题。

这里要对常见的四合花粉再多说几句。

杜鹃科花粉大部分是四合粉，除此之外还有木兰目的モシニア科；睡莲科（红莲）；山茶目的金丝桃科；桔梗目的大风子科；玄参目的茄科；葫芦目的葫芦科（无子西瓜）。以上是例举的几种主要的双子叶植物。而单子叶植物类中，香蒲目的香蒲科（香蒲）；茨藻目的水鳖科（加拿大藻大形变种），谷灵草目的谷灵草；百合目的灯芯草科；兰草目的兰草科等植物花粉中都可以看到四合花粉。

从个体发生的顺序来看，四合花粉继续发育的趋势是单粒花粉。因此可以认为，四合花粉是比单粒花粉更加古老原始的形式。不过，有时候甚至在同一朵花中同时含有四合花粉和单粒花粉，这种罕见现象只见于“炮丸”树的花粉。

61. “男性”花粉和“女性”花粉

由于花粉是从雄蕊上长出来的，因此常有人想象花粉具

有“男性”的功能，实际上这是一种想当然的想法。花粉中既有“男性”花粉，也有“女性”花粉，还有无性别的花粉，为什么呢？这里我们先搞明白为什么会有雄株雄树和雌株雌树的道理，这个问题也就容易理解了。

无性花粉称之为ZW型（相当于昆虫的カイユ型）。花粉中不含有性染色体，在植物雌蕊子房中本身就具有雄性的卵和雌性的卵。在昆虫世界中，カイユ类型是颇有名气的。在植物类中象蔷薇目蔷薇科的荷兰杨莓和白蛇莓就属于此类。也就是说荷兰杨莓的花粉，既不是雄性的，也不是雌性的。不过荷兰杨莓是一种雌雄同株植物。

对于雌雄异株的植物来说，雄性花粉和雌性花粉就不可缺少了。雄株植物孕育的既有雄性花粉也有雌性花粉，当雌株植物的卵被雄性花粉授精之后，就会变成雄性的种子，进而会长出雄性植物体来。假如被雌性花粉授精后，就会变成雌性种子，进而长出雌性的植物体来。

山芋型（相当于昆虫的ヘリカメムシ型）属于XO型。雄性花粉性染色体是O，雌性花粉具有女性染色体，即X染色体。例如，藜目藜科的菠菜（食用菜）；伞形目茱萸科的珊瑚木（庭院树木，雌树结红果）；牻牛儿苗目芸香科的花椒树；百合目百合科的龙须菜（味美的野菜）；百合目山芋科山芋等。就是这样决定雌雄的，请大家比较一下它们的雄花和雌花。

メランドリウム型（相当于昆虫的ナガカメムシ型），属于XY型，雄性花粉中有X染色体，雌性花粉中有Y染色体。例如，藜目石竹科メランドリウム；杨柳目杨柳科，柳和白杨；荨麻目桑科桑树和大麻；茨藻目水鳖科苦草等都属于这一类。

另外还有一种酸模型，属于YXY型。蓼目蓼科的酸模、

荨麻目桑科日本葎草等植物的雄性花粉具有YY染色体，雌性花粉具有X染色体。另外，作为啤酒原料的蛇麻草为XYXY型的。寻麻草属于荨麻目桑科植物，雄性花粉具有YY染色体，雌性花粉具有XX染色体。

乍一想“男性”花粉和“女性”花粉好象就是倒插门的女婿，有意思的是竟会有男婿和女婿之分。再仔细考虑一下还会发现，原来这和人类的情况一模一样。人类也属于XY型的，男性具有XY性染色体，女性具有XX性染色体。有两种类型的精子与花粉相对应，具有X性染色体的女性精子和雌性花粉相当；具有Y性染色体的男性精子和雄性花粉相对应。当然，除了性染色体之外还具有半数的普通染色体（人的普通染色体的数是22个）（第6、62讲）。只从花粉的外形上是无法区别雄性和雌性的。

62. 花粉的性状和染色体的数目

在花粉的定义中已经讲到，花粉应具有母体植物(zn)半数(n)的染色体，或者说花粉就是半个生物，这个半数包括性染色体和普通染色体。下面我们探讨一下“男性”花粉和“女性”花粉的染色体的数目，用 n 表示半数。

ZW型：荷兰杨莓： $zn=56$ ；白蛇杨莓： $zn=14$ 或 $zn=28$ 。由于花粉的染色体是母体植物染色体的半数。所以对于荷兰杨莓来说，花粉所具有的染色体 $n=28$ ，这些全部是普通染色体，不具性染色体。

XO型：山芋的雌性植物 $zn=36$ ，雄性植物 $zn=35$ 。雄性花粉 $n=17$ ，雌性花粉 $n=18$ ，雌性中多了一个女性染色体，

即 $n=17+X=18$ 。并且雌性植物 $zn=17\times 2+XX=36$ ，雄性植物 $zn=17+18=35$ 。

XY型：垂柳 $zn=76$ ，雄性植物 $zn=76=74+XY$ ；雌性植物 $zn=76=74+XX$ 。雄性花粉 $n=38=37+Y$ ；雌性花粉 $n=38=37+X$ 。

XXY型：酸模的雌性植物体 $zn=14$ ，雄性植物体 $zn=15$ 。雄性花粉 $n=8=6+Y+Y$ ，雌性花粉 $n=7=6+X$ 。

XYXY型：蛇麻草和猪殃殃，雌性植物 $zn=20=8\times 2+4X$ ，雄性植物 $zn=20=8\times 2+2X+2Y$ 。雌性花粉 $n=10=8+X+Y$ ；雄性花粉 $n=10=8+Y+Y$ 。

我们人类的染色体 $zn=46$ ；其中男性 $zn=46=22\times 2+XY$ ；女性染色体 $zn=46=22\times 2+XX$ ，和植物中垂柳的染色体同属于XY型；染色体的数目关系重大，要细心领会。

63. 加拿大藻大型变种的雌雄四合花粉

加拿大藻大型变种是单子叶植物，属于茨藻目水鳖科，是一种雌雄异株的水草类植物，原产于美国北部和加拿大。日本没有这种植物，但和生长在日本的黑藻和加拿大藻相似。雄性植物开雄花，产花粉；雌性植物开雌花，育种子。

这种植物的雄雌是根据花粉决定的。加拿大藻大型变种的性染色体是XY型，和人类一样，人类的精子也是XY型的，具有X性染色体的精子和卵子结合则生出女性（XX）婴儿，因此X精子就是雌性精子；而Y精子和卵子结合则生出男性婴儿（XY）。在加拿大藻大型变种花粉囊中，4个花粉有2个花粉具有X性染色体，另外2个花粉具有Y性染

色体。也就是说两个雄性花粉和两个雌性花粉结合在一起，组成了一个雌雄四合花粉。

因此当这个四合粉遇到雌蕊之后，要看其中哪个花粉最早生出花粉管，并使雌蕊受精，将来形成的种子的性别就取决于这个花粉了。是雄是雌要看这些雌雄花粉管的竞争结果如何了。这确实是在决一雌雄了。

自然界的一切实在是太奥妙了，既不都是雌性也不都是雄性的；而让雌株雄株保持平衡，平分秋色，以便繁衍子孙，兴旺发达。

遗憾的是在日本没有这种植物，非去加拿大进行研究不可。我常幻想，有谁能让日本也能生出这种土产来，那就有意义了。在日本生存的黑藻等植物是雌雄异株的，不过它是单粒花粉。雌雄四合粉那真是太稀奇了，这是一个令人神往的自然之谜。

64. 花粉的“女性”化实验

植物的性状常常是可以变化的，把这种现象叫做性转换。从雄蕊中孕育出来的花粉，到了雌蕊的子房中有的花粉可以变成象胚囊那样的器官，这就是我要说的花粉的性转化实验。

所谓胚囊是形成卵细胞、反足细胞、极核的场所。胚囊被精心安置在雌蕊胚囊的胚心之中，也就是安置在子房之中。当花粉一接触到雌蕊的柱头，就会发芽从而伸出花粉管来。这样在雌蕊的柱头上，有许许多多的花粉伸出了众多的花粉管。这些花粉管都在千方百计地寻找它们的目标，如果

是被子植物，那么胚囊中的卵核和极核就是花粉管寻找的目标。可以用结婚的方式来比喻这个过程，新女婿乘坐着《花粉号》移动式私人小汽车，来到新娘的家门门口，停在雌蕊的柱头上，然后新女婿准备下车。要想到达新娘的卧室——胚囊，它还要通过一个长长的过道，这个过道隐藏在雌蕊的花柱之中，确切说象个天井，它必须先从柱头经过过道到达子房，因为子房是正室。这样一来，特意为新女婿准备了一架电动扶梯式的花粉管，就用不上私人汽车了。

花粉管好象安装了雷达，它能准确地跟踪寻找藏在胚囊中的卵细胞和极核。这是因为它里面有两个向异，即被称之为女婿的精核，也叫雄核。在花粉柱中有许许多多的这种花粉管，它们个个争先恐后，就象是在进行汽车大赛。如果哪一个花粉管最先跑到决胜点，其它花粉管尽管眼看就要接近决胜点了，也只好停车，因为只有一个新娘。花粉管本身具备在胚囊中寻找延伸的本能。

可以用单子叶植物百合目百合科的风信子的雌蕊来做个非常稀奇少见的实验。根据荷兰的内枚慈斯的研究，发现在完整的风信子的雄蕊中有若干花粉变成了象胚囊一样的形态。以后日本的须藤（1941年）也通过实验的方法作出了这个结果。他用园艺品种的风信子作为材料。等到秋天，在雄蕊中的花粉母细胞分裂之前，把载有块根的花盆放在 30°C 的高温中，十五分钟之后再放入温室。在 30°C 的高温下，它的大部分花粉都会死去的。但是到了12月份，发现雄蕊中还有几个没有死去的花粉。这些保存了性命的花粉，个体已变大。花粉中经过连续的核分裂已经由2个核增加到8个核以上，并且形成了和胚囊几乎完全相同的构造。

把这种具备了胚囊形态和构造的巨大的花粉，小心取出来，放在载有培养液的玻璃载片上，再放在潮湿的小房里培育起来。然后，再把这种显微镜用的标本薄片上撒上正常健壮的风信子花粉。于是从这些正常的花粉中将会伸出花粉管来，花粉管伸展到这巨大的花粉上面。最终它认定这个巨大的花粉就是胚囊，于是花粉管就毫无顾虑地伸进了这个象胚囊一样的巨大的花粉之中。

从这个实验中我们可以看到，经过高温处理后的风信子花粉，发生了雌性化变异。显示出了和胚囊相似的构造。这就是让人大惑不解的也是非常有趣的花粉的雌性化实验。但是反过来却没有让胚囊变成花粉的雄性化的实验。还有一些让花粉生出根、茎、叶并让它们开花的实验，将在第75讲中介绍。

65. 不怕酒精的“男性”花粉

藜目石竹科的メランドリウム是属于XY型的植物。雄株的染色体数 $zn=22+XY$ ，雌株的染色体数 $zn=22+XX$ ，也就是说 $zn=24$ 。雄性花粉的染色体数 $n=11+Y$ ，雌性花粉的染色体数 $n=11+X$ 。

一位名叫康兰斯的学者，曾经是和兹爱罗麦克及托福里斯一起作出了《孟德兰遗传法再发现》的专家之一。他在观察各种各样的花粉的工作中，遇到了一件有趣的事情。他发现メランドリウム雄性花粉不怕酒精，而“女性”花粉害怕酒精。这是不是和自己父母的情况相似呢？爸爸很喜欢喝啤酒和白酒，而妈妈连闻到一点味儿都受不了。

实验的方法是这样的，在一个小的容器中放入メランドリウム？的“男性”花粉和“女性”花粉，用酒精蒸气蒸上六十分钟，然后就可以做发芽实验了。如果是活的花粉就会伸出花粉管，死了当然就不会伸出花粉管了。如果用活的花粉给雌蕊授粉，授精之后自然就可以培育出种子了。把这些吸了酒精后的メランドリウム花粉涂在雌蕊上面，雌蕊育出了种子，再播种种子，让它发芽生长。然后调查一下这些幼苗，哪些是雄株，哪些是雌株。这只要研究一下根处的染色体就清楚了，还可以让它开花，看一看开的是雄花还是雌花。结果表明，吸了酒精的花粉，涂在雌蕊上，所孕出的种子全部是雄株种子。因此我们可以知道，吸了酒精之后还剩下雄性花粉还活着。

这是一种思路巧妙，答案正确易懂的实验，并且实验和证明都是极其简单的。但是，是不是所有植物的“男性”花粉都不怕酒精呢？现在还无法知道。将来大家可采用第61讲中讲过的“男性”花粉和“女性”花粉，例如可采用菠菜的花粉（XO）亲自研究一下。只看外形无法知道是“男性”花粉还是“女性”花粉，然而如果用酒精测试一下就可以明白哪些是“男性”花粉了。这确实是一件令人神往的事。

66. 有粘丝相连的花粉

风媒花粉越是在干燥的环境中越容易散开，然而虫媒花的花粉越是粘粘糊糊越容易粘在昆虫身体上，被传播出去。像杜鹃科的杜鹃和柳叶菜科的夜来香、月见草、山桃草等花粉，都是由一些粘粘糊糊的粘丝相互粘连在一起的。只要有

一个粘上昆虫的身体，就会连起一大串花粉。或许大家也希望能变成一个小虫子，拉着这些丝线多好玩呀。

连在一起的丝到底有多长呢？杜鹃花用了3毫米，不算短了。山桃草是一种常在庭院中生长的多年生草本植物，高60—90厘米，它的花粉由5毫米的长丝给一个个串了起来。如果细心观察的话，经常可以发现，昆虫身体上悬挂着一串串由粘丝粘连的花粉。夜来香的粘丝最长，达到10毫米以上，可以把丝抽出来，用尺子量一量，最长的能达到多少毫米。

在放大镜下可以观察到，这种粘丝有粗的也有细的；如果放在显微镜下观察的话，就可以看得更清楚了。不过要想观察得非常非常详细，普通光学显微镜也还是无能为力的。我曾把这种粘丝直接放在电子显微镜下进行观察，令人吃惊的是杜鹃花的丝象一个细长的金属丝；而山桃草的丝则弯弯曲扭，大大小小，极不规则。夜来香是一根非常细的单独的丝，看上就象穿念珠的那根线；这种线常常不是一根，有时候是几十根合在一起的，肉眼看上去也很清楚。

这类粘丝的形状和它们延伸的长度有着重要的关系。如果能拉一拉杜鹃花粉的粘丝，一般都会由粗变细；若用力一拉就有可能给拉断，所以延长3毫米是比较合适的。山桃草粘满了花粉之后，可以延长到5毫米左右；主要是靠粗的部分变细所延伸的。通过电子显微镜观察可以知道夜来香的粘丝的形态象一串念珠。珠与珠之间的距离是念珠直径的近10倍的长度，因此它可以延伸得很长，可以达到10毫米以上。为什么会有这么多的形形色色的粘丝呢，实在是不可思议。

再说这些丝是从哪里来的呢？这些丝都粘在花粉的外

部，但又不是从花粉上长出来的毛发。原来这些粘丝和花粉的色素一样都来自花粉母细胞。在花粉母细胞分娩花粉的时候，花粉母细胞的残渣残留在花粉的表面。但是这些残渣并不都是粘丝。虽然在杜鹃、夜来香、山桃草这些花粉上面残留下来了粘丝，然而它们的形状都是由不同的类型的花粉分别规定的。到底是什么道理，至今一无所知。等大家长大了，说不定有谁能发现其中的奥妙的呢。

67. 用糖稀做粘丝模型的实验

很久很久以前，在静冈县的一个山里，每到夜里都可以听到一个石头哭泣的声音。有一个和尚，感到很奇怪，就去把石头扶了起来，想不到原来有一个婴儿。后来这个和尚就用糖稀把这个婴儿喂养成人。至今，在那个地方还在制做糖稀。这当然只是一个传说，不过这种象水一样的粘粘糊糊的糖稀大家是应该知道的了。如果把筷子沾一下糖稀，想把糖稀拉得又细又长，就会发现一个有趣的现象。这糖稀并不变成细长的丝，而变成了象念珠一样的形状。

为什么糖稀会变成念珠的样子呢？这个原因也不太清楚。一般说来，凡是分子量非常高的有粘性的物质都具有这么一种性质，这样看来夜来香粘丝的分子量应该和糖稀相似了。

那么我们能不能用糖稀做出山桃草粘丝的形状呢？实际上，无论你如何左拧右扭横拉竖拐始终做不出山桃草粘丝的形状来，大概需要稍微硬一点的糖稀才行。如果用糖稀做不出来，换用油粘土或纸粘土试一试会怎么样呢？最终你知道

这是一件很难办的事也就够了。从这个实验中，你是否感觉到了自然界的奥妙呢？即使稍微感觉到一点点，说明这个实验还是有意思的。

用粘丝把一个个花粉粘连成串，并且还能把它从花蕊中曳出来。这种情况只限于刚刚开花的时候，等到时间一长，粘丝也就无影无踪了；即便有一点也不会延伸很长。这样看来花儿初放的时候，刚刚从花粉囊中跑出来的花粉和粘丝都具有充足的水分；然而和空气接触之后，水分慢慢干掉了。杜鹃花和夜来香要在还没有干的时候期待昆虫的光临，因此有必要研究一下杜鹃花粉的粘丝可以把花粉粘连多长时间。还有夜来香是什么时候开花的，并且会有哪些昆虫光临，能不能把粘丝粘在它身上。出外观察的时候要带上放大镜和笔记本，不要忘了把尺子也带上。

68. 花、花粉及花粉囊的颜色

每当春暖花开鲜花怒放，人们都情不自禁地醉心于观赏那鲜艳的花色，而对花粉的颜色却不大留心。花粉也是有颜色的呀。象美丽的牵牛花，红色、白色、蓝色，丰富多彩，而它的花粉却是白色的；大丽花有黄色、白色、红色，鲜艳夺目，而它的花粉始终都是黄色的。还有山茶花、牡丹花、蔷薇花，无论它们花瓣的颜色如何变化，它们的花粉却始终是黄色的。这样看来似乎花的颜色和花粉的颜色之间没有什么必然的联系。

上面所讲到的这些花，都是虫媒花，那么风媒花的花粉又是怎么样的呢？松树的花粉是淡黄色的，杉树的花粉是淡

黄色的，柏树的花粉是棕色的。但是要想了解松、杉、柏这些树所开的花的颜色就困难了。因为它们的花都没有花瓣，不能象牵牛花和山茶花那样可以表现出花的颜色来，然而尽管如此，花粉还是有颜色的。

为了研究花粉的颜色，首先必须收集大量的花粉，说是大量，其实有小手指一半大小的一堆花粉就足够了。如果是收集松、玉米、山茶之类的植物花粉，是很方便的。在收集花粉的时候，把花头朝下，朝着预先准备好的白色光洁的玻璃纸或包药纸上轻弹几下，花粉就会自然而然地落下来。为了除去随花粉一起落到纸上的杂物，可用红茶绵纸袋那样的小筛子处理一下。这样处理后的花粉就更加纯净漂亮了。把收集起来的花粉放入细小的瓶管中（可以观察到里面的透明的管子），就这样多收集一些花粉，花粉的颜色也就好辨认了。要预先称好瓶管的重量，用装上花粉后的重量减去这个重量就是花粉的重量了。半个小手指体积大小的花粉大约重0.5克，把这些花粉收藏起来，以备将来做各种实验用。

花粉的颜色到底有多少种类呢？最简单的了解方法就是在开花的时候，凭肉眼或借助于放大镜观察一番，大体上就清楚了。最常见的颜色是黄色的；然而，黄色、浅黄色和棕色是很难区别的。碰到这种情况，要象前面讲到的那样，多收集一些花粉，然后互相对比，才能得出比较正确的结论。

但是对于虫媒花粉来说，要想收集这么多花粉是不容易的。从一开花就要经常观察花粉囊的颜色，并且要研究从里面跑出来的花粉。由于花粉容易在阳光下变色，因此，观察花粉最初从花粉囊中出来时的颜色是很重要的。一般来看，

花粉除了黄色之外，棕色也是比较多的一种颜色。象山毛榉、七叶树、蚕豆、三叶草（白漆姑草）、大丽花等，这些花粉的颜色浓了就会变成红色，淡了又会变成黄色。也有的花粉是绿色的，如白头翁、赤杨、榛树、白杨、榆、槭、悬钩子、七度灶、忍冬、柳叶菜、千屈菜等。如果仔细观察三叶草（白漆姑草）的花粉的话，绿色和黄色都可能常常出现；还有榆树的花粉颜色，可以从绿色变到蓝色。蓝色花粉在以下几种植物中可以看到：天竺葵、紫丁香（紫色）、石南（杜鹃科的同类园艺植物）等。紫色的花粉则常见于：菊苣（菊科）、羽扇豆、罂粟、桔梗、野芝麻、毛蕊花等。以上都是双子叶植物的例子。在单子叶植物中也可以看到不同颜色的花粉，如棕色（百合花、龙须菜）（这种颜色有时会被认成黄色）；绿色（葱）；蓝色或青色（百合科的锦枣儿）；紫色（郁金香）等。

对于观察到的这些颜色，要把观察的时间，年、月、日以及植物名称（不知道名称的可以把花的标本固定在硬纸板上）和观察的地点，分别写在笔记本、卡片和硬纸上。更妥善的办法是用彩色铅笔或蜡笔画上花粉的颜色，当然这些颜色时间长了往往是要褪色的；如果发现变色或褪色也没关系，只要把当时看到的花粉颜色记录下来就可以了。不要忘了，也要把花的颜色记录下来，还有花粉囊的颜色也是很有意义的。这些都必须做好笔记，画下它们的颜色。在你的这个自然观察的笔记本上将会记录下引人入胜的文字和五彩缤纷的颜色。在这项研究中，这个笔记本是非常令人欣慰的成果之一。

下面我们来说明一下花粉囊的颜色。七叶树科的七叶树

(和巴黎大街两旁的日本七叶树是一样的) 可以开出白色、粉红色、红色的花，并且每一棵树上所开的花的颜色都是固定的。不过白花的花粉囊是白色的，而花粉是黄色的；红花的花粉囊是红色的，花粉也是红色的；粉红花显示了白花和红花中间的特点。开白花的郁金香花粉囊是黄色的，花粉也是黄色的；而开红花和蓝花的郁金香花粉囊分别是红色和蓝色的，但是它们的花粉都是紫色的。如果仔细研究的话，有关这方面的实例好象出乎意料的多。另外，还有些带红色斑点的花，它的花粉囊中会藏着什么颜色的花粉呢？可以研究一下牵牛花和紫茉莉的花，花粉、花粉囊的颜色特点。

从这里可以看出，和花的颜色一样，花粉囊的颜色也是一个重要的特征。在制作花粉色纸（第71讲）的时候不要忘了，把花粉囊的颜色写上去。以后在观察花的时候，也不要忘记写上花粉囊的颜色。

69. 花粉与化妆

花粉的颜色是丰富多彩的，然而这些颜色是从哪里来的呢？是隐藏在花粉内部，还是潜伏在整个花粉之中，还是粘附在花粉的外部？由于没有对所有的花粉进行研究，还不能轻易地下结论。不过大部分花粉的表面都粘附着色素之类的物质，好象就是这种色素主宰了花粉的颜色。花粉和花及花瓣的颜色常常是不一样的，花瓣的颜色取决于花瓣细胞中所含的细胞液色素，诸如青、红、紫、蓝等等。但是花粉只是一个细胞，几乎没有细胞液，因此也没有可溶的色素来决定它的颜色。那么花粉的色源在哪里呢？看来这里有必要先把

花粉的生平简单地介绍一下。花粉出生于雄蕊顶部的花粉囊（或花药）中，花粉囊中所孕育的细胞在胚胎期称之为胞原细胞或小孢子。它们渐渐成长为花粉母细胞，再进而分裂形成花粉，这时母细胞外侧崩溃消失，它们的残体就粘附在花粉的表面上。

花粉一经出世，它的生身母亲——花粉母细胞就赋予它为人类化妆的使命，在花粉表面堆积下来的大量色素，恰好是女性化妆所需的最佳颜料。这在电子显微镜下对花粉的切面和表面进行观察时可以看得非常清楚。

还有一种更简单的实验，能说明花粉具有化妆的功能。先把花粉集中在试管中，然后注入酒精，轻轻摇动，不久酒精就会由于色素的存在而染上颜色；同时在试管的底部沉淀下了无色的花粉。由于这些花粉的颜色容易消失，也成了花粉应用于化妆的一个因素。

再来做一个有趣的实验，用一种白吸取纸或过滤纸，如果没有也可用信纸代替，在上面放上少许棕色的百合花粉，然后用滴管向它滴上一滴酒精，以花粉为中心，将会形成一个棕色的色斑，这就是一项纸上色层分析法的试验。百合花粉在试验之后失去棕色近于无色。如果想进一步研究的话，请制备好载片，放在显微镜下可以看到百合花粉的表面已经不再是棕色的了。显然，百合花粉的确是可以供化妆用的，将实验用过的色彩纸保存起来，将来还有用处（第71讲）。

70. 花粉色素的作用

花粉学家特劳西·霍基斯女士曾用鲜艳的彩色纸来表示

花粉的颜色。她收集了春夏秋不同月份开花的花粉的颜色。还有的彩色纸是用来表示花粉经过一段时间后的颜色，这样就可以看出来，花粉会变成什么样的颜色。我们也做一下这种实验。

花粉的色素大致可分成二种，一种是黄酮醇，一种是类胡萝卜素（类叶红素）。多数虫媒花粉的颜色，丰富多彩，非常美丽，可以知道它含有 α 胡萝卜素、菌脂色素、叶黄素、玉米黄质、藏花酸等各种色素。而松和杉等风媒花粉却很少含有胡萝卜素。这些色素不仅在一般的花粉化妆上大显身手，另外它还可以在其它的方面发挥才能。例如类胡萝卜素可以起到维生素的首要成员维生素A的作用。粘在这些花粉上的各种各样的维生素成分，对于医治伤病都是特别有效的。蒲黄花粉之所以能止稻叶白兔的血（第2讲）就是因为花粉中含有芸香苷这样的物质在起作用；之所以能够很快把小白兔的伤治好，我认为可能是黄色的蒲黄花粉色素中的类胡萝卜素，作为维生素的主要成分在起作用。有关这些维生素的秘密还是我的一个恩师，鸟取大学的校长井上博士传授给我的。

另外，番红花（菖蒲科）的花粉中含有黄酮醇，这种成分和栎精之类的性激素有关系。也就是说，花粉色素的作用，不只是为花粉修饰润色，而且还给前来觅食的昆虫们提供重要的维生素和性激素。有关这些内容，在讲到花粉食品和花粉团的时候（第89讲），再向大家介绍。

我们对许多花的色素了解还不是很详细的。如橙色的大丽花，红色的天竺葵花中都含有天竺葵（双）苷（天竺葵宁）；蓝色的龙胆花中含有龙胆紫素。这样比较一下就可以

发现我们对花粉色素的了解几乎等于零。因为很难从花粉中把色素提取出来。如果要收集大量的花粉色素必须要有装置、技术方面的保证。最好还需要鉴定技术，无论收集到多么少的一点色素，都可以确定出这是什么色素。还是把这些题目留给小小的科学家们去做吧。

夏天穿的白衬衫和白罩衫，如果被百合花粉染上了棕色就麻烦了。用水擦无论如何是擦不掉的，必须用酒精擦才能擦去。

71. 花粉的彩色纸游戏

既然花粉有着美丽的颜色，我们不妨利用这些颜色来做一次科学的游戏（第68—70讲）。先准备好以下几种道具，白色的厚板纸（绘图纸也可以）、彩色铅笔、颜料（尽可能多准备一些自然色的颜料）、彩色纸、小钳子、剪子、胶水、毛笔等等。这个游戏的目的就是要能够敏捷地把花粉的新鲜颜色复制下来，以备对比研究之用。

百合花粉是比较适合于做这个游戏的。在准备好的白纸上薄薄地涂上一层胶水，涂胶水的面积，大致有2平方厘米或者象10元^{*}一张的邮票那样大小就可以了。趁胶水未干的时候，在上面撒上百合花的花粉，花粉就被粘在白纸上了。在花粉没有变色的时候，用与花粉相同的颜色在旁边画一个同样大小的色块。虽然很简单，但要仔细观察认准是什么颜色，再把它画下来，不要忘了写上制做的时间，年、月、

* 日元。

日。如果是早晨9时做的，就写下9：00，如果是下午3时做的就写上15：00。把这种做好的纸叫做花粉色纸，这类花粉色纸每一张只做一种花粉。为了方便起见，最好把制成色纸的硬板纸，裁成象笔记本那样大小。这种色纸每一种至少要制做2枚以上，然后一枚冷藏起来（即放在冷藏库里低温保存）；另一枚放在太阳光的照射下进行高温照射保存。把色纸每天的颜色变化，用彩色铅笔描画下来，并注上时间，年、月、日。可以看到在太阳光照射下的花粉的颜色很快就变化褪色了；而冷藏起来的色纸却能很好地把颜色保存下来。把这些花粉色纸放在一起，拍下彩色照片，长期保存下去，以便于比较研究。

花粉经过胶水的沾粘，阳光的照射和高温的烘烤，不久就死掉了。但是它的色素的颜色和它的死亡几乎没有什么关系。花粉颜色的变化，总的的趋势是色彩减退。然而最后到底会变成什么样的颜色，一定要自己亲自动手做一做，搞清楚这个问题。

为了便于区别整理，可以在硬纸板上贴上红、黄、蓝、紫、绿等等彩色纸块，再标上目、科、属、种等植物名称，保存起来，备作研究之用。

72. 乙醚清洗过的花粉

大家也许都知道吧，在白色的衬衫上沾上了百合花粉，衬衫就会被染上污点。这是因为百合花粉的表面有一层油性的物质。在进行花粉实验和观察的时候这种油性物质有时会带来许多麻烦。乙醚对溶解花粉表面的这类油性物质是很有

效的。然而，不可思议的是，花粉竟能在乙醚、丙酮这类有机溶剂中生长。因此，花粉即使用乙醚清洗过之后，仍是活着的，这里面包含着许许多多花粉生理学方面的问题。

用乙醚做清洗花粉实验的时候，用百合花粉是比较合适的。在一个锥形瓶上插一个漏斗，漏斗中铺上滤纸，先加入花粉，然后注入20毫升乙醚。花粉表面的油性物质则溶解在乙醚中使滤纸染成黄色。大约两分钟后，浸在乙醚中的花粉脱变成白色。清洗后的花粉比较松散，用小钩针把这些花粉搂在一起，保存起来以备后用。另外还有一种方法，把乙醚注入瓶中，瓶中放入花粉，使用的时候用吸管吸出来，放在滤纸上渗干就可以了。最早是由岩波洋造博士（横滨市立大学）研究发现花粉可以在乙醚和丙酮中生长的。到底是怎样生长的呢，这又是一个花粉之谜。

73. 花粉的淀粉酶实验

花粉里有各种各样的酶（第74讲），下面来做一做酶的实验吧！花粉里本来存在淀粉，在未成熟的花粉上加进碘试剂（受伤时敷的碘酒也可以，是一种碘的酒精溶液）就变成了深咖啡色的花粉。这是花粉中的淀粉和碘起反应而呈现的颜色，也就是淀粉和碘反应的实验。

淀粉酶是能把淀粉分解成麦芽糖的酶。花粉中原封不动的淀粉是很难作为能量而利用的，只有随着花粉的渐趋成熟，由于淀粉酶的作用把花粉中的淀粉变成容易被利用的麦芽糖。也就是说在花粉中利用淀粉被分解来做实验。特别是具有大量淀粉的花粉也有大量的淀粉酶。如麝香百合、香待

霄草、夜来香等的大型花粉是容易做实验的。

准备医用蔗糖5克、淀粉0.5克、琼胶0.5克、蒸馏水50毫升(cc)，将这些混合于烧杯内加热让其沸腾，最后制成糊状的细菌人工培养基。把这种细菌人工培养基放到载玻片上涂成薄薄的一层。

把准备好的百合之类的花粉，在这块人工培养基上撒成条带状或十字型。再将它原封不动地放进大型温室里，加盖放置12—24小时。室温如有恒温装置，保持在25°C最理想。经过12—24小时后，花粉中的淀粉酶与人工培养基上的淀粉起作用，还可以从蔗糖里获得能量而促其发芽。

实验时间(12小时或24小时)一结束，从温室里取出涂有人工培养基的载玻片。边用自来水冲洗，边从人工培养基上除去全部花粉。然后从载玻片上只取下人工培养基，放在培养皿中并加入碘试剂，这些培养基经过几分钟后由于和碘作用而呈现黑咖啡色。只有在放花粉的带状或十字型之处，因淀粉酶的作用，由于没有淀粉存在而不变色。

从这个实验可以知道花粉淀粉酶的存在。若是做更简单的实验，可在试管里放入淀粉溶液，加进花粉，则因淀粉酶作用，淀粉变成浆状。所以当做碘反应时，未加花粉的淀粉溶液呈现浓黑的咖啡色，加花粉起作用过后则成淡色。如果有时间的话，各种有趣的实验都能进行。我曾用杉花粉做过更确切的淀粉酶(确切地说是 β 淀粉酶)的定量实验。在0.5克杉花粉中，加进1%胨溶液(pH, 5.5)30毫升(cc)，在25°C下让它保存24小时；然后取出，加入醋酸盐缓冲剂和2%的淀粉溶液，在40°C环境里放置24小时。然后按弗林(Fehling) β 淀粉酶测定法换算成毫克葡萄糖，实验结果

以最大值表示。这时杉花粉脱去外层，从内层伸出花粉管，证明了花粉发芽时大量产生淀粉酶。

74. 花粉的过氧化氢酶实验

花粉经常在进行有气呼吸作用，其结果在体内产生有害的过氧化氢 (H_2O_2)，必须将过氧化氢分解除去。在生物体内广泛存在着能除去过氧化氢的酶——过氧化氢酶。过氧化氢的作用如 $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ 反应式所表示的那样，将有害的 H_2O_2 分解成无害的水和氧气。花粉在发芽时需要很多的氧气，所以过氧化氢酶对花粉来说特别重要。

这里我们来做实验，如能得到丰富的材料，可准备百合、襄荷、玉米、松等花粉，还要配好 1% 的过氧化氢水溶液。如百合一类的花粉，在花粉表面附着有油类的物质，需用乙醚洗净，用乙醚洗的方法见72讲所述。用乙醚洗涤过的花粉较为纯净，所以能进行过氧化氢酶的实验。

取少量花粉放在显微镜用的载玻片上，加上盖玻片。在显微镜下边观察花粉，边从盖玻片的旁边用滴管慢慢地注入 H_2O_2 溶液，应注意尽可能少漏掉 H_2O_2 溶液。当花粉一被 H_2O_2 溶液包裹，则过氧化氢酶就起作用，开始分解 H_2O_2 ，在花粉的周围开始出现 O_2 的气泡。在显微镜下也许能计算出在10秒钟的时间里出现几个气泡。

这个实验若更简单的做，可在细小的试管里加入 H_2O_2 溶液，在溶液中加入花粉块也可以看到立即生成的气泡，这就是氧气被分解出来的显示。如果加热或者干燥使花粉死亡，可以研究一下过氧化氢酶将会怎样呢？过氧化氢酶也会死去

吗？如有可能最好实验一次。

75. 用花粉做开花实验

前面已经讲过（第64讲），可以把没有死亡的信风子花粉培育成胚囊一样的器官，使其“女性”化。而我现在要讲的却是把未成熟的花粉培育成象种子一样，让花粉生出根、茎、叶直至开花的实验。

确切地说这是一种使用雄蕊花粉囊中还未成熟的花粉所做的实验。因为花粉细胞一经长成就再也无法变成另外的细胞了。所以要在细胞成为真正的花粉前，经过培育使它变成另外一种形体。

对朝鲜牵牛花、烟草、油菜、稻子、小麦等植物的未成熟花粉囊进行消毒。把培养基放入经过灭菌处理的试管中，再把消毒后的花粉囊放在培养基上面，用 25°C 的温度和100支光的电灯进行培育。于是，在花粉囊中未成熟的花粉粒周围生长出一种叫做愈伤组织的物质。这种愈伤组织是一些黄白色粗糙的细胞。就象插条植物在剪枝时，在切口的表面长出的那种骨痂。

这种愈伤组织就象一位神秘的魔术师，身怀变身绝技。插枝的切口可以长出植物根系，就是愈伤组织的功绩。未成熟的花粉粒一旦长出愈伤组织，就会在它的一侧长出根，另一侧长出茎，然后长出叶，育出花蕾。在对烟草花粉进行试验时，还可以使其开出花来。

由花粉长出的植物，它的花中会不会生育花粉呢？这里不妨可以先考虑一下，花粉只具有母体植物一半的染色体，因

此即使它能长出具有半数染色体的花粉囊，也不能再孕育出比这更少的染色体的花粉来。所以由花粉长出的花是长不出花粉来的，也不会育出种子。然而这种具有半数染色体的植物是非常珍贵的，是遗传实验方面的重要的实验材料。因为花粉完全继承了母体植物的形质，它又能长出和母体一样的植物。而由种子长出的植物体是父本和母本形质的混合体。人们新制造的半数植物体，是日本学者们的主要研究成果；在育种学、园艺学和遗传学的研究领域内成为重要的研究课题之一。我也曾在静冈大学理学院生物学专业做毕业实验时，和木保美树男君一起有幸在三岛市国立遗传研究所的阪木宁男博士（现任京都大学农学系助教授）指导下成功地对小麦属等进行了巧妙的实验。

76. 空中花粉的观察

空中飞翔着许许多多的花粉，这些花粉可以称为空中花粉。人们呼吸的时候，如果大量地吸入了某些花粉，常常会引起一种变态反应，这就是常说的花粉症。特别是在美国，这种花粉症的发病率特别高，因此在美国各地都设有空中花粉的观测站。主要依靠在玻璃载片上涂上一层改良液，可以每天24小时连续收集空中飞翔的花粉。所谓改良液，是由以下几种原料配制而成的。甘油50份，酒精60份，蒸馏水90份，酚醛（石炭酸）0.3份，还有少量加有酒精（0.01%）的龙胆紫。

在玻璃载片上，除粘附有花粉之外也还会粘附一些孢子和尘埃，不过由于花粉可以被龙胆紫染上紫色，很容易判别

出来。一般的目的是鉴定这些花粉属于什么植物。要达到这个目的，最好具有丰富的经验和渊博的知识，必须掌握许多花粉形态的特征，当然也没有必要掌握所有花粉的形态特征。开始的时候只要能够识别一些特别容易识别的花粉，如松、杉、豚草、蒿、赤杨之类等，大体上就可以鉴定了。中学和高中理科班的同学也是可以胜任这项工作的，不过指导老师有必要先进修一些花粉方面的知识。

特别是近年来，已采用真空泵抽吸空气的方法收集花粉，比等待空中飞来花粉的方法实用多了，可以采集到更多的花粉和孢子。

对于空中花粉的观察研究，不仅能使我们了解到空中花粉孢子的生态特点，而且还可以对与此有关的花粉症做出预报；同时还为研究落在地上，水中的花粉提供基础材料。可见这项研究还是很重要的，这种观察每天都可以进行。特别是在春夏秋季节风和日丽的天气里，比较容易进行。下雨的天气，花粉潮湿，无法飞行；冬季开花的植物又太少，都不利于观察。春天盛产松、杉等木本的花粉，夏天以禾本科等草本花粉占优势，到了秋天（9月）则经常见到豚草、蒿属等植物的花粉。长野、腾田、信太等编著的《日本列岛的空中花粉》（1983），已由北隆馆出版。从这本书中可以了解到日本各地空中花粉的大致情况，或许能为其它研究提供一些方便。

77. 地层中花粉的观察（花粉分析）

落到地上的花粉最终是要腐烂的，但是它可以残留下一

一个坚固的外壁，这种外壁甚至可以保存在煤炭之中。在1亿年以上的地层中的花粉早已成为化石。那么可以从地层中采取沉积物，把它敲碎，加强酸强碱煮沸，让沉积物充分溶解；把残存下来的没有溶解的物质用离心机离心集中，然后用显微镜观察研究。可以观察到花粉、孢子及其它微生物的遗体。对这些分离出来的孢粉要进行鉴定，定出属（如松属、杉属……等）和种的名称。然后进行统计，做出孢粉图式，分析讨论当时的古植被、古气候等。以上这一套研究方法就是花粉分析。

对平原及泥炭地带进行孢粉分析研究，可仿照在软木塞上挖孔的方法，用一个简易的手摇钻采取样品。当然，不只是在陆地上，在海底、湖底都可用同样的方法获得样品。我曾经乘东海大学的调查船取到过骏河湾的海底土样；还曾借助浮船，采到过箱根芦湖底的泥样，并进行了研究。如果是中学生，可到附近的神社、寺院的水塘中或到水田及树林中采些泥土，都可以进行分析。

先把采来的泥样烘干，再把烘干后的样品破碎。这时候即使有现代的花粉混进去也能和化石花粉区别开。为什么呢？因为化石花粉只是个外壁，它的颜色已经变成了棕色。把破碎得很细的样品用孔径很小的筛子过筛一下，把筛出的样品搅拌均匀，摊在纸上，在上面画一个十字；需要用少量样品进行分析的时候，可采用对角线上的两块区域的样品，这个方法叫四分法。如果原来的样品是泥样，可取用1克左右的样品。要先配制好冰醋酸和浓硫酸的混合液，一定要特别小心，由于硫酸能放出许多热量，因此要把浓硫酸逐渐加到冰醋酸之中。这种混合液配制10cc就够了。把原来筛出的样品放入

离心用的试管中，然后加上混合液，加温10分钟后，冷却离心，然后倒掉试管上部澄清的溶液。倒的时候也要注意，不要让含有硫酸的溶液溅到别处。这时大部分泥质溶解了。由于留残在底部的样品中含有花粉，因此还要加水离心。这样用水反复洗几次后，再加10%的KOH式NaOH溶液，加温，离心，去掉上部澄清的溶液。用细玻璃棒取一点试管底部含有孢粉的残留物，放在玻璃载片上进行观察。上述离心方法，要在老师的指导下进行。

处理后的花粉用甘油胶封闭起来，做成显微镜用的标本，可以半永久性的保存起来。甘油胶的制做方法将在第80讲中介绍。

地层中的化石花粉，曾经是沉积在地面上的花粉。因此，研究落在地面上的花粉和从远方飞来的花粉也是很有意义的。例如，在富士山顶的冰雪泥土中会发现什么花粉呢？如果哪位有兴趣去分析一下，一定是很有趣的。我认为，每年春天从中国刮来的黄土中会携带一种麻黄花粉飞到日本来。这种麻黄在日本没有野生种。麻黄的形态特征比较容易识别。

78. 长毛象和花粉

在距今3万年以前的西伯利亚地区曾经生活着一种长毛象。因为当时比今天的气候稍温暖一些，即使在北纬70度的范围，还能生长一些草类植物。长毛象就是靠吃这种草生存的。那么这是些什么草呢？我们可以从这些草的花粉中找到答案。而在今天的北纬70度范围是大片的冻土苔原地带，草

类是无法生存的。

1948年（昭和23年）夏天，苏联列宁格勒的科马罗夫研究所的自然调查团，开始了一次北极圈的调查。他们在叶尼塞河的东北部，太梅尔半岛的马莫塔河的旁边撑起了帐篷。他们刚刚安下营帐，发现调查队的狗全都跑光了，这是怎么回事呢？这些家伙跑到哪里去了呢？队员们拿起望远镜，四处搜索，发现调查队的狗都跑到远处的一个河滩上去了。队员们立即向那里跑去，到了现场一看，原来在地上躺着一只很大的长毛象。看上去就象刚刚死去的一样，耳朵里似乎还浸着血，嘴里还含着草。这是一只在3万多年的漫长的岁月里被冰封冻起来的长毛象尸体，刚刚被阳光化开。一般说来，这么长的时间，尸体早该腐烂或被其它野兽吃掉了，只会剩下一些骨骼和牙齿。因此这是一个特别珍贵的标本。

调查队在那里进行了各种调查，也取到了这种草的标本，发现草上还带有花粉。对于有关现代草类植物的生活范围，开花时间都是可以知道的。鉴定认为这种草是禾本科的梯牧草，禾本科花粉专家科马罗夫研究所的库普里阿诺娃博士，根据花粉的直径，推测了这种草的开花时期。禾本科花粉是球形的，只有一个萌发孔，直径也容易测量，现在的花粉都是在雄蕊中一起生长大的。库普里阿诺娃女士充分利用这些性质，推测了3万年前的某月某日，气温和现在的哪些城镇的气候相似的结论。日本的梯牧草是在夏天开花传粉的。多亏了这只长毛象让我们了解到当时西伯利亚的气候和日本现在的夏季相似。

79. 海底花粉的观测

花粉从花蕊飞到空中，有的落在地上，也有的落到海里。而落到地上的花粉有的还会被雨水和河流搬运到海中。因此，对海底、水底花粉的分析也是很重要的。

根据东京湾海底的资料，可知，最深的泥样中含有指示寒冷气候的花粉；稍向上一层的样品中含有指示温暖气候的花粉；再向上部的土样中又含有指示寒冷气候的针叶树林的花粉；最上部的样品中又发现了温暖气候下的阔叶树花粉。战后，瑞典的《信天翁》号深海调查船最早使用钻探的方法进行海洋地质调查工作。后来日本也制造了一艘最新式的《白凤丸》号（3225吨）海洋调查船。为适应海洋资源调查的需要，各个国家相继装备了许多调查船。其中苏联拥有世界上最大的海洋海底调查船队，在这个庞大的船队中《勇士》号调查船（排水吨位5500吨）大约是日本《白凤丸》号的两倍；还有《罗蒙诺索夫》号（排水吨位5960吨）和《库尔恰托夫院士》号调查船（6828吨），都装备有特备的海底化石花粉采集装置。北面从白令海、北海、到日本海、太平洋、印度洋、甚至越过赤道到大西洋，它们活跃在整个世界大洋中。1961年，在夏威夷召开了第十届世界太平洋学术会议，根据苏联柯列涅娃的报告，认为沿岸植被和海底化石之间大致存在着某种关系。有一次《勇士》号调查船驶进了东京湾，当时地质调查所的煤炭科科长德永博士到船上访问，并要求参观海底采泥装置，结果没有被允许。因此，对于这种装置的详细情况并不清楚，也有人传说是一种火箭式的采泥炮。对于日

本来说，至今仍有必要赶快把目标转移到海底上来。苏联人在宇宙探险方面曾一度和美国人并驾齐驱，可是后来就不象开始那样热心了。正当人们把眼睛盯在月亮和星体上的时候，苏联却单独地致力于世界大洋的海底调查工作，在比月亮和星体更加容易下手的地方探查新的海底资源。根据这种情况，说不定苏联人早已建造了若干个海底基地，因此我们将来也有必要进行海底花粉的调查。

我曾乘东海大学海洋系的调查船（东海大学丸Ⅱ世，703吨）到骏河湾（石花海盆，水深850米）进行海底泥样采集的尝试。这是为了指导东海大学的户田雄文君的毕业论文而去的。用了半天的时间，安装采泥器，第二天又用了半天的时间做挖泥试验，结果都失败了。因为采泥器一碰到海底的石头就倒转了。然而第二次成功地采集到了1925mm的柱状泥样品。研究结果已在日本花粉学会志（No. 11, 1973）上发表了。海洋花粉的研究工作是非常辛苦的，但是今后仍然很有必要大力开展这方面的工作。

80. 花粉薄片的制作方法

无论是化石孢粉，还是现代孢粉，都可以用甘油胶的方法制成半永久性的显微镜薄片。这种方法是比较方便的。准备物品如下：动物胶（或明胶）7克，蒸馏水42cc，石炭酸1克，甘油40cc。

把动物胶浸在水中约2小时，动物胶就会膨胀起来，再把膨胀的动物胶和甘油及石炭酸混合在一起。用一块过滤纱布蒙在一个烧杯上，对这些混合液进行过滤；然后把过滤液

稍微加温，就变成了柔软的软粘糖一样的东西。使用时取少许放在显微镜用的玻璃载片上，然后加温使其熔化，这种软粘糖一熔化又会变成水一样的液体；由于它冷却后又会凝固，因此，可在溶化状态下加上盖片，冷却之后就固结在一起了。在盖片边缘涂上一种透明清漆就能永久地保存起来了。如果不涂上这层清漆，样品很容易干枯，花粉也容易变色变形。

做好了甘油胶之后，可在花粉上滴一滴龙胆紫或品红（也可以用红墨水代替），把花粉染上颜色。把染了色的花粉用甘油胶封闭起来，做成显微镜标本。这种方法适用于把现代的新鲜花粉染色之后做成显微镜薄片，可以保存许多年。

假如想长期保存下来，可按照地层花粉观测中所讲过的方法，把花粉放入 9 : 1 的冰醋酸和浓硫酸的混合液中沸煮，最后只留下花粉的外壁。把这些只剩下外壁的花粉，按照前面所讲过的方法，用甘油胶封闭起来，做成显微镜用的标本。甘油胶如果干燥脱水，标本也就报废了。因此要经常检查花粉薄片标本。发现有快要干燥的标本，就在盖片的旁边再放上少许甘油胶，待其溶化，浸到盖片之中，就可以长久保存了。

81. 风媒花粉

“风媒”是一种最古老的并且也是非常普遍的传粉方式。生活于中生代三叠纪（1亿7000万年以前）的裸子植物都是风媒植物。昆虫出现在这个地球上还是不久以前的事，并且能在空中飞翔的昆虫，出现的就更晚了。因此，当时的花粉授

粉都是由风做媒介的。现在还可以从松树、杉树的授粉特点上看到这种遗风。除此之外，有些植物尽管是虫媒花，但花期一过，花粉变干，一有风吹草动，花粉就漫天飞扬，常常又变成风媒花了。象玄参科、杜鹃科等植物就属于这个类型的。大家熟知的杜鹃科的石楠，还有列当科的日本齿鳞草（寄生植物），开花期间，可以招引到众多的昆虫前来采蜜，无疑是一种虫媒花。但是，一旦花蜜枯竭，昆虫们不辞而别，不再光顾了。无奈只好把两条长长的雄蕊花丝伸到花冠以外，把花粉撒扬出去，这样看来又成了风媒花。花盆中的报春花也是在花期结束的时候又变成风媒花的。

这些虫媒花变成风媒花，可以看做是一种返祖现象，也就是说风媒花是原始的本来的面目。

风媒花粉能够飞多远呢？可以知道，在北欧松科花粉可以飞越 640 公里到达格陵兰。因为格陵兰没有松树，离格陵兰最近的生长有松树的地方是北美的拉布拉多半岛。说明松粉可以一口气飞过大体上相当于东京到广岛之间的一大段距离。

在昭和基地* 搜集到的空中花粉中，我发现有原产于非洲的松树花粉。说明这些花粉是从 300 公里以外的地方飞来的。第一次越冬队员，在昭和基地为了采集宇宙尘埃，在玻璃载片上涂了一层油，这些花粉就是同时被搜集到载片上的。看来将来有必要深入开展这方面的工作。

* 日本的南极站。

82. 虫媒花粉

风媒花粉的特点是，无论什么时间，什么地点，只要被风一吹，花粉就会漂漂扬扬随风而去。但是它也有那么一点不称心的地方，就是必须要生产出大量的花粉，才能满足生存繁衍的需要。这样势必有很多花粉找不到雌蕊，起不到应有的作用。而虫媒花比较聪明，它为昆虫准备好花蜜，引诱昆虫前来采撷。花粉就会大量地粘附在昆虫的身体上，而被携带到雌蕊那里去，达到授粉的目的。这是一种比较方便的方法。在许多进化种类的花中，虫媒花占多数。如双子叶植物的菊科蒲公英和葫芦科的南瓜等；另外在单子叶植物中有兰科的兰，百合科的百合和丝兰（第83讲）等等。

在虫媒花的各种类型中，一般的方式是，象蜜蜂那样整天忙忙碌碌去走访各种各样的花；还有的类型象在风媒花中所写过的那样，由虫媒花又变成风媒花；还有的花和昆虫之间形成了一种非常巧妙的配合，当然这种配合是由它们的生活方式所决定的。例如将要在第84讲中讲到的有关无花果和无花果小蜂配合的内容。

有趣的虫媒花不仅花粉粘粘糊糊极容易粘在昆虫身上，而且花的构造也极适合于虫媒大显身手。昆虫一停落在花头上，就会引起里面的雄蕊自动地弯曲；象庭院里常种的小蘖科（枸骨南天竹），即使用火柴棒碰一下它的雄蕊，雄蕊也会自动地向里弯曲。还有菊科的矢车菊，昆虫一接触到它的雄蕊的表面，或用手指擦一下，都会从里面吐出花粉来。做一下这种简单的野外实验是很有意思的。

植物的花之所以能具有这种巧妙的装置，看来是虫媒花长期进化的结果。在古生代的晚石炭纪（约2亿5000万年前），当昆虫出现在这个地球上的时候，裸子植物的繁盛时期已经过去。到了中生代三叠纪（1亿7000万年前）的时候双子叶植物在地球上出现了。说起来昆虫的出现比花的出现还要早8000万年，似乎应该很早就有虫媒花出现了，可事实上一棵虫媒花植物也没有，因为花自有它自己的一套生活方式。

昆虫访花的目的之一是拿到花中的花蜜，另一个目的就是采集花粉。花粉，特别是无蜜花中的花粉，作为一种食品，总是大量地生产。蜜蜂和圆花蜂有一种为幼虫大量集积花粉的习性；而单居蜂类和其它形形色色的膜翅类，所采集的花粉一部分是为了自己食用，另一部分才用于哺育幼虫。还有大部分访花性的苍蝇和甲虫类，都很喜欢吃花粉。对于它们集积花粉的方法（采集方法，把花粉揉成团的方法，为了保存花粉所采用的化学的和物理的方法等）和所吃的花粉能消化到什么程度，以及排泄出的花粉的状态等等，都还不太清楚。这是一个新的研究领域。这似乎比鸟粪花粉分析更重要，但并不麻烦。

幼虫为了消化所吃的花粉，它们的消化器官功能，特别是消化器官中含有一种酵素，以及酵素的种类和数量等因素，就显得越发重要了。有一种说法认为蜜蜂的幼虫含有纤维素酶等酵素，而成年之后这些酵素就消失了。从蜜蜂等许多成虫的粪便中所存在的花粉来看，这些花粉几乎一点也没有被消化，还保持着原来的形状。这样就便于和幼虫的食性（食谱）加以对比。当然可能有些容易消化的花粉，已经消化掉

了。

有这么一种说法：在为昆虫准备的特殊的食用药中，放入了昆虫喜欢吃的食谱花粉。考虑一下这句话是否正确。实际上有一种鸭跖草，常在夏秋两季开花，它的花中有一种可被食用的雄蕊。鸭跖草的花中一共有 6 个雄蕊，其中有 2 个长的雄蕊是可以生育花粉的名副其实的雄蕊，其余 4 个（一个长的在中间，另外三个短的）都是冒牌的雄蕊。但是这种冒牌的雄蕊可以被昆虫食用，所以把这种假雄蕊叫做食用花药或者叫食用雄蕊（第 7 讲）。研究花和昆虫之间的关系是很有意思的。

83. 丝兰和玉加花蛾（共生关系）

在美国有一种丝兰是百合科植物。这种丝兰有一种非常古怪的习性，它只有在夜深人静的时候才肯开花，在这黑暗的夜晚，是很少有昆虫前去拜访的。说来也巧，恰好有一种名叫玉加花蛾的昆虫，是谷蛾的近亲，它只在夜间才肯外出活动。其中雌性的玉加花蛾有一种习性，实在太有趣了。它先找到丝兰花的雄蕊，在上面落了脚之后，就开始制做花粉团，然后把做好的花粉团抱到另一朵花的雌蕊柱头上，并且还要专门放在柱头顶端的凹坑里。最终，它把产卵管插入雌蕊的子房里，把卵产到里面。

丝兰多亏有了玉加花蛾的光顾，才得以传粉受精。而在子房里生活的玉加花蛾幼虫，也因能吃到嫩柔的种子才得以发育成长。这种嫩柔的种子正是依靠幼虫母亲的传粉使雌蕊受精后才孕育而成的。一只幼虫大体上可以吃掉 20 粒种子，

而子房里能够长出200多粒种子，因此绝大多数的种子照常可以保存下来。总之这种子房就是一个房间，每个房间只安排一只玉加花蛾的幼虫住宿，说起来，数量是很有限的，它们每一位可以独得一份食物。幼虫长大后不久就会把子房的墙壁吃透，然后从这个被吃透的孔里象蜘蛛一样吐出一条长长的丝，直落到地上。这比每个幼虫都配备一台专用电梯，幼虫乘梯而下，返回故土，蜕变成蛹。

在日本也有一种植物叫君子兰，是丝兰的伙伴，经常被培植在公园等地。但是这种君子兰几乎不结果实，可见这是没有玉加花蛾帮助的缘故。假如你家里也种有君子兰，到了开花的季节，你可以仔细观察一下，到了夜里你悄悄地起来，看一看是否有昆虫来访问君子兰。如果发现没有昆虫光顾时，你可以代替玉加花蛾做人工授粉。这样做会不会结果实呢？请放心，一定会结出果实的。不过这已不再是虫媒授粉，而是人媒授粉了。也有人认为丝兰和玉加花蛾的这种共生关系，从远古的冰川时代就已形成了。丝兰为玉加花蛾提供食宿，作为玉加花蛾为其传粉的报酬。这是一个花和昆虫协同生活的范例。

84. 无花果和无花果小蜂

说起虫媒的故事来，无花果和无花果小蜂之间的关系最为有趣了。在亚洲的西部，小亚细亚的土麦那地区，自古以来，以盛产一种美味可口的无花果而闻名。即使将它做成干果也是世界一流。不过现在无花果干的主要产地在美国。在北美为了成功地培植这种水果植物，颇费了一番周

折。下面我给大家讲这个故事。

土麦那无花果是闻名于世的食用水果，开始把它移植到北美，却一个果子也不结。人们从病状、害虫、土质、气候、肥料等各个方面进行调查，都没有发现什么异常现象。于是又回到土麦那地区进行调查。结果发现，凡是种植土麦那无花果的地方，一定要有野生无花果的喀布尔无花果植物。喀布尔无花果的果实是不能食用的。但是在喀布尔无花果的果实上寄生着一种无花果小蜂。（*chalcidoidea* 小蜂是一种木蜂，即是生活在树上的一种蜂。）正是这种无花果小蜂为土麦那无花果的花粉做媒，才使得土麦那无花果能够开花结果生儿育女。这种无花果小蜂属于没食小蜂科。雌性的无花果小蜂为了把卵产在无花果的雌蕊上，四处拜访无花果，因此土麦那无花果也就在这种忙碌的拜访中受了精。遗憾的是土麦那无花果花的雌蕊太长，无花果小蜂的产卵管达不到子房之内。不过喀布尔无花果的雌蕊较短，产卵管可以如愿以偿，把卵放养于子房中。可以说，无花果小蜂是为了幼虫才来做虫媒的。

总之，要想栽培出好吃的无花果，就少不了那些不能吃的喀布尔无花果和无花果小蜂。在自然界，那些看上去没有什么用的东西，却还是有用的。把喀布尔无花果的这种现象叫做无花果结果作用。无花果结果作用是自然界的一个貌视无用（对人类来说是不能吃的）实际有用（对无花果是必要的）的例子。也是虫媒花粉中的一个有趣的例子。

85. 水媒花粉

借助于水进行授粉、传粉，授粉的花粉叫做水媒花粉。

又可分为几种类型，一种类型是通过漂流的水面送粉。其中，有些花粉依附在花的碎片上，在水面上四处漂流，寻找雌花。象有的水鳖科的苦草和黑藻植物的花粉就属于这种情况。也有的花粉在水面上独自游荡，象黑藻的花粉和眼子菜科的川蔓藻的花粉，就属于这种情况。这些花粉中含有脂肪，异常轻便，即使被水浸湿，也能平安无事。它们一边顺水漂流，一边寻找着雌花雌蕊。这些花粉都具有水面授粉的能力。

还有一种类型是在水中授粉，有的花粉中含的淀粉较多，比重较水大，或者和水的比重几乎一样。如果是比水重的花粉在向水底下沉的途中，有希望和雌蕊相遇。如果是和水的比重相同的花粉就在水中到处游荡，试图找到雌蕊。比水重的花粉中有一种虾藻，属于眼子菜科，雌雄同株，当雄蕊成熟的时候，花粉就开始在雄蕊中发芽，伸出花粉管。不久雄蕊的花粉囊被破开，花粉跑到水中生长花粉管。由于雄蕊始终生存在植物体的上部，而雌蕊生存在下部。这样就便于从上面落下来的花粉，粘附到雌蕊上面，以达到授精的目的。

最有趣的是眼子菜科的大叶藻*，这是一种享有盛名的海水中的显花植物（第12讲）。这种植物生长在海岸的泥质海底上，在全国各处的海岸中都可以看到这种植物。然而人们对它的性质并不怎么清楚。它的花粉呈细长的丝状，长度可达3个毫米，肉眼都能看得到，是最长的一种花粉。这种花粉和海水的比重几乎一样，可以在海水中游荡，寻找雌蕊，待机授粉。这种植物也是雌雄同株的。小二仙草科中有

* 海盐藻的异名

一种狐尾藻，它的雄蕊可以从雄花中挣脱出来，独自去漫游；在漫游途中，打开花粉囊，散出的花粉从水中向水面漂浮而来；也有的花粉和水的比重相近，可以停留在任何深度，以便寻找雌蕊。

通过这些例子使我们看到了水媒花许多不同的特性。但是，作为花粉的研究还是相当不够的。我想如果能再进一步探索这些花粉的秘密，一定还会发现一些新颖的东西。

最后我们测试一下水媒花粉的化学成分。当把碘酒滴在水媒花粉上面的时候会发生什么情况。如果花粉中含有淀粉，就很容易被染成紫色。这种淀粉花粉一般也会变重，如茨藻花粉就是这个类型的。还有一种叫做染色剂Ⅱ号的药品，可以把脂肪染红；所以黑藻等一些植物的脂肪花粉，很容易被它染成红色。大家最好也试一试。

大叶藻还有个别名叫做甘藻、象龙宫里龙女鬟髻上剪下来的青丝（第12讲）。把它的花粉放到水里，让花粉下沉，研究一下它的下沉速度。这是比较适合课外学习小组活动的研究课目。如果采用四氯化碳，液体的比重就会大于一；如果改用油做实验，比重自然就会小于一。

86. 动物媒花粉

有相当多的动物是能够传送花粉的，象哺乳类中的猿猴类（狐猿）、熊类、松鼠、老鼠、有袋类、鼯鼠、冬眠鼠、蝙蝠等，这些动物在日本不并多，而在澳大利亚、南美洲、中美洲、爪哇等地较多。仙人掌科的卡内几亚长着尖尖的刺，要接近它的花是比较困难的。然而，自然界中就有这么一种

翩翩飞翔的蝙蝠，可以把头伸进花中，既吃花粉又吸花蜜，还给花粉做了媒。

爱好花卉的鸟粪远比哺乳类来得重要，由于这些鸟以花为伴，有的以花为食，故又叫做花鸟。已知的花鸟类大约有50个科2000个种，这些鸟类向北分布到北美的加拿大，向南可以分布到高达4000米的南美科迪勒拉山脉。也就是说这些鸟类未必需要太高的温度，花鸟中负有盛名的是蜂鸟，它那长长的嘴和舌头吃起花粉和花蜜来最合适不过了。

在日本，有一种白眼鸟（绣眼鸟），喜欢吸山茶花的蜜，而鶲鸟和鳩鸟，喜欢吃山茶的花。我在南阿尔卑斯调查雷鸟的时候，注意到雷鸟吃的是石楠植物的花和花蕾，而且特别爱吃雄蕊的花药。鳩鸟极喜欢吃桃花的花粉，当它飞到另一朵花上的时候，就把原先的花粉带了过来，从而起到媒介的作用。可见这些野鸟的作用还是不可轻视的。

动物中还有一种蜗牛，当它在青芋类植物花中爬行的时候，也可以说它起到了传递媒介的作用。我想如果大家在庭院里看到蜗牛时，大概会研究一下蜗牛的足上是不是真的粘有花粉。

假如能做一下这些动物粪便的花粉分析，一定是很有趣味的。但是无论是动物学家还是鸟类学家，还没有做过这方面的工作，可以说这是花粉的一个新的研究领域。

87. 闭花授粉

开花授粉是一种普通现象，但是也有不开花就授粉的，这种现象叫做闭花授粉。古老的风媒花为了开花之后把花粉

传播出去，不得不生产大量的花粉。虫媒花为了招引昆虫传粉也配备了花蜜和各种各样的构造。尽管如此，如果没有昆虫前来做媒，也是枉费心机，即使开了花，还是无法授粉。因此在沙漠、高山、荒原等昆虫难以居住的地方，虫媒花也是无法授粉的。在撒哈拉沙漠的南部，马里共和国的通布图（Tombouctou）地区，是世界上最热的有植物生长的地方。这里位于北纬16度、西经4度，6月份平均温度接近 40°C ，表土温度达到 70 — 80°C 。有些花在地表附近开放，由于气温太高，昆虫也只好敬而远之。另外，如果开花的话，里面的雄蕊，花粉以及雌蕊都有被高温照射灼伤的危险。因此花瓣只好闭合起来，以阻止阳光和高温的危害，保护花中的雄蕊和雌蕊。于是有的花粉，在雄蕊的花药中发芽，刺破花药，伸向雌蕊，使其受精。也有的是在花粉囊破开后，花粉就势粘在雌蕊上，这种闭花授粉的方法，可以说是植物生活智慧的结晶。

还有一种野生的紫花地丁，春天的时候，可以开出美丽的花来；而天气炎热的夏天，它就闭花授粉。闭花授粉的花是不漂亮的，只不过是为了培育种子，以便传宗接代。香紫花、地丁花（香堇菜花）是法国人制造香水的原料，春天的时候能开出美丽的花，但它并不产花粉，只适合于造香水。每到夏天开花的时候，它开始闭花授粉、养儿育女，由于它并不开花，看上去很难看。这和人类何其相似乃尔。有一些人华而不实，象一个绣花枕头；另有一些人则谦虚朴实，不为名利，为事业勇于献身。我常给静冈大学的学生讲这些话，这些话成了我的口头禅。

88. 粉源植物和蜜源植物的花粉

凡是盛产花粉的粉源植物，或盛产花蜜的蜜源植物，蜜蜂对它们的花都感兴趣。

玉米盛产大型的花粉(0.1毫米)，且象其它风媒花一样在风的吹动下，花粉四处漂散，有的漂落到雌蕊上面。然而蜜蜂是不会放过产量丰富的花粉的，如果你仔细观察，就会看到蜜蜂一边靠近雄蕊盘旋飞舞、一边振动着翅膀把被风刮起来的花粉一个个装进后肢的花粉篮中。玉米对于蜜蜂来说是有代表性的花粉源植物。

含花粉较多的植物，如菩提树(椴树，*Tilia iaponica*)日本七叶树、假洋槐、桉树、蜜桔、莲花、荞麦、油菜、葡萄等等，这些都是产蜜量最多的蜜源植物。

郁金香开的花美丽多姿，也产花粉，但是蜜蜂却不屑一顾。八仙花和金木犀开出的花更是争芳斗艳，而蜜蜂也从不光顾。为什么呢？因为它们所含的花蜜花粉太少了。能够吸引蜜蜂的不只是花的颜色，还要取决于它是否含有花蜜、花粉以及香味如何。

玉川大学的风田一次博士和千叶市的中野茂先生以及兵库县的三木顺一先生，他们对花粉和蜜蜂的关系研究得比较详细。

这些都比较适合于作为生物兴趣小组的研究材料。

89. 食用花粉

蜜蜂把吸到的花蜜存入蜜囊，把搜集到的花粉装到后肢

的花粉篮中，然后满载而归，把花粉储藏到蜂巢里。

人们可以设法把这些花粉抢劫过来。抢劫的办法是这样的，可以在蜂箱的入口处放置一块带孔的板，或者是金属丝之类的东西，蜜蜂要进入巢内必须要从上面走过，它的后肢就会套入这些孔中，当它把后肢抽出来的时候，后肢花粉篮中的花粉就会翻落下来。这样可以收集到许多小型的花粉团，这些花粉团就可以提供给人类食用了。

尝一尝这种花粉团的味道，与其说不甜，还不如说稍带有苦味。由于花粉团的颜色是黄、棕、红色混杂在一起的，说明蜜蜂并不只采集一个种类的花粉。那些小小的花粉团是蜜蜂用后肢团揉而成的。然而蜜蜂并不是单单搜集花粉，它还要为孩儿们提供食物。一般人们还这样讲，说什么有采集花粉的蜜蜂和采集花蜜的蜜蜂，实际上采粉采蜜是可以一起干的。

从蜜蜂那里抢劫来的花粉，对人类来说，也是一种很难得到的营养源。花粉中含有许多糖类、氨基酸、蛋白质、维生素、矿物营养素等，人们吃了当然不会有坏处的。为了证明花粉的营养价值，可以给老鼠和鸡喂养花粉，不久就会发现，它们的体重和肝脏的分量都有所增加。但是，需要考虑到有些国家过多地使用农药，花粉也会被农药污染。因此一般好的食用花粉都是从新西兰进口的，因为新西兰是禁止使用农药的国家。

食用花粉的时候可以把花粉直接吃下去，也可以放入牛奶中喝下去。我是经常吃花粉的，不过我吃花粉的方法是要细嚼慢咽地吃下去，每次食用的花粉量，用茶匙量半匙子就够了。这主要考虑到花粉的价格很贵，如果能坚持长期服

用，一定会大有益处的。

以前我曾研究过各种甲虫吃过花粉后会不会消化的问题，结果发现，花粉在这些甲虫的腹中，几乎还是原来的样子。这种情况是可以理解的，因为这些花粉的外壁太坚固了，小甲虫是没办法把它嚼烂的。尽管这样，还是有少量的营养成分溶解在水中，被甲虫吸收了。

世界上花粉的食用量最大的地区是新西兰和南美，在食堂里常见他们就象日本人在咖啡中加砂糖一样地向饮料中加花粉。在法国据说当人们患了感冒或腹疼等症的时候，还可以根据病状，对症喝一些特效的花粉。在日本，清水桂一编著的《花粉健康法》和加藤清史编著的《请吃花粉》等书已分别由实业日本社和亚橹出版社出版发行。还有象花粉和蜂王浆这一类东西，在百货商店是可以买得到的，希望大家能品尝一下。另外，还希望大家把花粉团分散之后放在显微镜下观察一下，将会看到具有各种各样形状的花粉。有关美国印第安人的花粉食用方法和花粉的化学成分等内容，已分别在第3讲和第70讲中讲到过，还可以复习一下。

90. 花 粉 症

空气中漂浮着众多的花粉和孢子以及尘埃等物质。其中有一些花粉是引起变态反应病变的罪魁祸首。因为人类要想生活下去，无论何时何地都必须呼吸空气。所以漂浮在空中的花粉，就会趁机而入。至于什么样的花粉会对哪些人有害处，并不是一定的。还有呼吸了多长时间才会患病，也没有什么标准，只能说有变态反应性的人很容易患上这种病。这种病

又叫花粉病。在北美常有许多人因患花粉症而痛苦不堪。

这种病是由于花粉粘在眼睛、鼻子或喉头的粘膜上而引起的。粘在眼睛上时就会引起眼睛充血发红，泪流满面；厉害的时候，眼睑下垂以致无法睁开眼睛。轻一点的时候，眼睛也会发痒，让人揉搓不止。花粉粘在鼻子里，就会从鼻子里不停地流出鼻涕来，你把鼻涕擦掉，还会不停地流出来，并且还可能造成鼻子堵塞。严重的时候恐怕呼吸都很困难，只好张开大嘴喘气了。一到这种程度，夜里就甭想睡觉了，实在是痛苦难忍。还有更严重的时候，会让人不断地打喷嚏，引起气喘病的发作。一旦涉及到喉头里的粘膜又会引起咳嗽。

以下几种植物花粉在不同的季节往往容易引起花粉症，如春天的杉木等木本花粉，夏天的鸭茅等草本花粉，秋天的豚草等菊科花粉等等。如果是从小时候就患有变态性的湿疹，如果双亲中有患气喘病或变态反应病的，那么这种人就很容易患上变态反应症，要格外小心。当在草坪上玩耍的时候，感到眼睛发痒、又打喷嚏、又咳嗽，也许可能患上花粉症了。

91. 我的花粉症

我是从1937年(昭和12年)开始学习花粉专业的，不过当时只读书，对花粉症还没有什么体会。可是在过去的四十多年中由于一直与花粉打交道，在这期间呼吸过大量的花粉，特别是松、杉、柏等花粉呼吸得最多。但是这些花粉对我来说好象并不是引起花粉症的直接原因。

我第一次剧烈地发作花粉症是在20年前的9月份。那是

一个闷热的傍晚，我汗流浃背地回到住宅，然后躺进浴池痛痛快快地洗了个澡，接着又喝了些啤酒。突然我不停地打起了喷嚏，接着又流鼻涕。我非常狼狈地擦着鼻涕，但还是不行，无论我如何擦，涕如泉涌，溢流不止。不久鼻子堵塞了，无法用鼻子呼吸了。倒霉的气喘病又开始发作起来。开始发作的时候是非常痛苦的，活象在水深火热之中，有点让人惊慌失措。来诊的医师也没弄明白到底是什么病，只是在我鼻子里放进了一些肾上腺素。不一会的工夫，就可以用鼻子呼吸了。安静地睡了一会，鼻子堵塞的状况有了转机。当时只是考虑到是鼻子的病，并没有想到是所谓的变态反应病。

后来我在东京大学医学系物疗内科大岛教授的研究室接受诊断。经过花粉注射液的测试才明白，我的这种病因是豚草造成的。并且接受了少量的豚草花粉液的免疫疗法，曾一度治愈。但是这种免疫疗法如果不能长期坚持的话，还会重新患上豚草的花粉症。我在带静冈大学生物系的学生去野外实习的时候，到了离生长豚草的地方还有1公里远的距离，我的眼睛就开始流泪了，鼻涕也出来了。想不到我的眼睛和鼻子还能这么敏感。不过当我服用了早已准备好的药物（毗本乍明、或花粉抗菌素）之后，减轻了一些病情发作时的痛苦。然而一旦染上这种病是难以治好的，时常要用心防患。如果感到不踏实，我就提前吃一些预防性的药。

我的花粉症是一种职业病，在研究花粉的环境中恐怕是不会治好的了。不过我想自己的痛苦的体验也是一个很有价值的实验材料，对于对付花粉症是会有意义的。为了研究和治疗花粉症，曾蒙以下几位先生的关照和协助，他们是青木

昭（京都市）、山树雄一、八仓隆保（大阪大学）、大岛良雄、石崎达（东京大学）、熊谷郎（千叶大学）、中村晋（大分大学）、中川俊二（PL 医院）、古泽春二，（静冈市）。

92. 花粉症的诊断与治疗

小小的花粉，肉眼几乎难以觉察，常常无意之中被吸入体内。只有当咳嗽难忍，喷嚏不止，涕泪横溢的时候，才意识到可能吸入了什么花粉。根据宅前屋后，上班下班的途中道路两旁生长的植物类型，就会明白在什么季节吸入了什么花粉。

每年九月份左右，总有一些眼睛发痒，喷嚏不断的人来到变态反应门诊就诊。每当我去就诊时，总会让我看一些诊断用的“害草图”。每一张图上画着一种植物，一边看一边问，见过这种草和树吗？何时何地看到的？是在住宅的周围，还是上学校去的路上，游玩的场所或校园之内，以及附近的一些情况。并且再让你接近这种植物，如果很快咳嗽、喷嚏不断，呼吸感到困难，鼻涕眼泪横溢的话，还要再询问一些有关的情况。医生如果感到还不可靠，还要做以下的实验。

这种实验就是用花粉试剂注射的皮内试验。把豚草和杉科的花粉用浸液处理之后，取用少量处理后的液体注入腕部内侧。这种液体含有引起花粉症的成分，注射时使用结核菌素用的细针注射器，没有痛感。过15分钟之后检查一下注射后的痕迹，如变红或发肿，则断定是花粉反应症；并认为这个

花粉就是引起花粉症的首犯之一。

对于豚草和杉科花粉皮内反应呈一个“+”的人，要用豚草和杉料的花粉试剂来治疗。开始用少量的花粉试剂每周注射1—2次。根据情况，如果红肿得不是特别厉害，浓度和剂量还可以逐渐加大。直至注射的药剂达到0.5cc还没有任何特别的反应时，说明体内产生了对豚草和杉料花粉的抵抗能力。即使再呼吸进这类花粉也不会打喷嚏流鼻涕了。

我从四月份开始注射豚草花粉试剂，到九月份结束，恰好在注射结束时，正是豚草花粉季节到来的时候，这时候即使呼吸了这种花粉也没关系了。为了研究豚草花粉我曾采集过3公斤之多。如果不进行免疫的话，气喘病发作起来是非常痛苦的。这种免疫做一个疗程可以维持数年，一年只要打几次一定浓度的花粉注射液，其效力就可以维持一段时间。

在日本有多少花粉症患者，还不清楚。在美国有上万名患者配有医师（耳鼻科）加以诊断治疗。然而在日本医师本来就少，并且能够进行花粉试剂注射诊断的医院也屈指可数。

另外，患小儿气喘病的孩子相当多，虽然能看气喘病的医院到处都有。但有时这种病是吸入了尘埃或孢粉之类才引起的。花粉症不只是会引起打喷嚏、流眼泪、淌鼻涕等病状。作为一个变态反应症状是要引起特别重视的。不过如果能够科学地进行治疗，也不必担心。在东京有许多医院都可以治疗这种病，如东京大学医学系物疗内科，同爱医院，东京医科大学耳鼻科，相模原医院，除此之外还有大阪大学医学系山村内科，市立札幌医院小儿科，南福风医院，静冈济生会医院耳鼻科，大阪府富田林市PL医院等。

93. 花粉症的预防与对策

由于花粉症是由那些肉眼难以发现的花粉、孢子、尘埃引起的，因此必须要科学地加以预防。第一首先有必要检查一下自己是不是变态反应的体质。第二要寻找一下在自己的周围、自己的职业有没有引起花粉症的病源。如果发现存在这些因素，就要设法加以预防。

预防的第一步，首先考虑把病源清除掉，或减弱病源的影响程度。在美国，每到豚草季节，就有人移居到没有豚草生长的地方去，或到那里去旅行。另外还有一个不错的方法，就是把自己住宅周围的杂草割掉，不让杂草开花也就不会有花粉飞扬了。不过如果周围是一片很开阔的杂草地，象札幌市郊外手稻山一带，要割去那么一片蒿草，恐怕是无能为力的，这个时候主要靠免疫注射的方法加以预防。另外，如果已患上了气喘或感冒等病状，再并发花粉症，病情就更严重了。这时候对体力健康状况各个方面都要格外加以调养。

有的城市颁布命令，动员全市市民动手割掉有害的杂草，不让空地上、校园里有杂草丛生，以此来作为预防花粉症的对策。不过割杂草也要有窍门，象豚草和豚草类杂草都是在秋天开花的，如果待到杂草抽出了花蕾、含苞待放，再割就已经晚了。最好在入夏之前就把它割掉。由于入夏季节这种杂草的草茎柔嫩，割起来也不费力气。如果等到夏季过去，豚草类等害草的茎杆木质化之后，割起来就困难了。割草时要城内城外一起动手，才能达到应有的效果。

另外还要能够识别什么样的植物会引起花粉症，这也是很重要的。从这个意义上来说，特别有必要对几种主要的花粉症的病源植物加以介绍。详细介绍请大家看《花粉变态反应》一书（北隆馆出版）。

豚草（第8图）是从北美迁移而来的一年生菊科植物，从关西到关东都有较多的分布。在札幌附近生长的蒿都是大型的蒿草。杉树在全国各地都有生长。

94. 花粉的核性和系统

花粉中所含有的核是花粉生活能量的来源，这个核的意义是举足轻重的。花粉最初从花粉母细胞中分裂出来的时候只有一个核，叫做小孢子核。这个小孢子核后来又变成了生殖核和营养核。生殖核后来又变成了2个精核（又叫雄核）。营养核处在花粉管的最前端，看上去好象是牵引列车的机车头，牵引着花粉管向前伸展。营养核又叫花粉管核。2个精核通过花粉管跑到子房中，迫不及待地四处寻找卵细胞的下落，以谋珠连壁合。这里我们不妨把花粉核的发育过程介绍一下。开始（A）是小孢子核时代，这个时候的花粉叫1核性花粉；接着（B）是生殖核和营养核时代，这个时候的花粉叫2核性花粉；最后（C）花粉具有2个精核和1个营养核，叫做3核性花粉。总的过程就是按照A→B→C的顺序发育生长的。

如果要检查花粉有几个核，可用醋酸洋红液进行染色。这种液体只把核染成红色，而对细胞质一点也不感兴趣，是一种比较方便的染色素。另外只有在花粉成熟的时候才有可

能检查出花粉是 2 个核还是 3 个核。

在花蕾中的花粉大体上都还只有一只核，而成熟的花粉中含有一个核的情况是比较罕见的。不过这种罕见情况在裸子植物的榧、桧柏、柏等植物花粉中却是存在的。另外的裸子植物如杉、紫杉、三尖杉等都是 2 核性花粉。被子植物中没有 1 核性花粉，全是 2 核性或 3 核性花粉。这也许是因为被子植物在花粉发育阶段比裸子植物较进化的缘故吧。2 核性花粉常见于百合、鸭跖草、美人蕉、葫芦、茄、毛茛科植物；3 核性花粉常见于禾本科、眼子菜、蓼、苋、仙人掌、菊核植物。毛茛科可以说是比较原始的“低”等植物，而菊科则相反，是比较进化的高等植物。因此表现在核性方面菊科也显得比毛茛科进化。

上面讲到裸子植物中有一部分是具 1 核性或 2 核性的花粉植物；被子植物的花粉都是具 2 核性或 3 核性的。另外还有一些裸子植物的残余，如银杏、苏铁、松、罗汉松等都具有多核性花粉。就是说它们的花粉除了含有生殖核和营养核之外，还含有若干个前叶体核。前叶体核见于蕨类孢子中。从进化的意义上讲，一般认为是比较原始的形质。之所以这样说，是因为银杏和苏铁是活着的化石植物。还有一个例外就是黑麦草（禾本科），它具有核异常的花粉，详细情况已在第 50 讲中介绍过了，另外可以利用植物系统树对花粉的核性加以研究。植物系统树经常刊登在一些教科书上，这是比较适合于高中生物班课外活动的研究项目。静冈县立静冈东高中生物班学生在这方面的研究曾多次获得奖赏。

95. 花粉的使命

前面我已把花粉的大概情况做了介绍。我们可以感觉到，花粉至少有些不可思议的生活机能。雌蕊只有等到花粉粘附到上面之后，才有可能生育出种子来，这是一件了不起的事。我们可以看到，从种子→苗→花→雄蕊→花粉母细胞→4分体→具有一个小孢子核的未成熟花粉→2核性花粉→3核性花粉→花粉管→受精→种子，这样的循环往复、源远流长，就象一场接力赛，代代相传。并且这种生活的节奏到现在已持续了1亿多年。虽然每个花粉的生命似乎非常短暂，但是从整个花粉大家族来看，它们已经持续了一个相当长的历史，并且还会无止境地延续下去。

然而花粉会不会永远一成不变地延续下去呢？还是有所变革？要变的话将来会变成什么样子呢？这些情况都还不太清楚。考虑到药蒲公英具有退化的花粉，或许要担心花粉中退化的比例会增加呢？还有一些闭花授粉的种类，采取了一种大胆的生活方式，它们在花蕾中冲破花粉囊伸出花粉管。闭花授粉这种类型会不会也要增加呢？如果从整体考虑，可以认为花粉是地球上高等植物创造出来的一种合理的生活机构。因此我们应该相信，在今后1亿年左右的时间里，只要植物界不发生很大的变化，花粉的使命就会继续下去。

花粉在活着的时候担负着重要的授粉、授精工作，而且死后变成化石又成为花粉分析的材料。对于地下资源的开发利用，古生态的研究等方面都起着重要的作用。花粉无论是活着还是死了，都肩负着应有的职责。可参考第76, 77, 78,

96. 花粉学的国际动态

如同任何一个国家和地区或多或少都有它独特的风俗习惯一样；在知识领域中，各个国家也都有其独特的学风。下面我们来考察几个花粉学研究的国际动态问题。从事花粉学研究的时间比较长的也是比较有名的几个国家，应该是北欧的瑞典、挪威、丹麦等。所谓北欧，是指斯堪的纳维亚半岛为中心的地区，除上述三个国家之外，还包括芬兰。不过上述三个国家在花粉学研究方面是很有名气的，象瑞典的埃特曼、挪威的番古里、丹麦的伊卑尔，都是花粉分析方面的权威。它们还都是波斯特的学生，被称为三羽鸟。

欧洲除了上述花粉学的研究中心之外，还有英国、法国、德国等国家，它们都有各自的研究历史和传统，在花粉学方面可以看到各自独特的学风和成就。英、德、法三个国家，说起来它们之间似乎相距遥远，实际上只有几个小时的路程，就象从日本的关东到关西那样方便。并且互相都习惯于使用英、法、德语进行交流，实在令人羡慕。

然而作为研究学问的生活基础，它们之间还是稍有差别的。欧洲大陆包括英国在内，英、德、法三国之间生活方式还是比较接近的，而欧洲大陆和北欧之间的差别就大了。因为位于北纬60度附近的斯德哥尔摩、奥斯陆、卑尔根远在巴黎和维也纳以北约1000公里以外；巴黎位于北纬50度左右；东京是北纬35度左右。

挪威人早饭都吃得饱饱的，而午饭只吃点饼干喝点红茶

就够了。午饭之所以简单，是因为一到冬天，昼短夜长，晚饭也是到了傍晚才吃的。然而一到夏天，人们都热衷于搞体育活动，要一直活动到夜里九点，因此到了夜里九点半左右，还要吃一顿夜餐。

法国人早上只是简单地吃一点面包和奶油咖啡，到了中午，就要慢悠悠地化上两个小时吃一顿午饭，晚上的一顿饭是最奢侈的，要慢慢地吃到很晚才能结束。

英国人早上一般都吃些鸡蛋、咸肉填填肚子，午饭和法国人不太一样，但晚上一顿饭和法国人极为相似。日本人大概处于法国人和英国人之间。正象生活方式有所差别一样，花粉学研究的倾向也稍有不同。我到过欧洲的几个花粉研究所，下面举几个例子介绍一下情况。

97. 欧洲的花粉学

瑞典

瑞典花粉学研究所建在首都斯德哥尔摩，G. 埃特曼博士任所长。他主编了瑞典花粉学杂志《花粉粒》《Grana Palynologica》（现改名为Grana），一直在从事花粉分析和花粉孢子形态方面的基础研究。他身体高大，留着一撮小胡子，画画的功力也不错。我在他的研究所里学习过一个星期，他的工作室里一切井井有条，进行各种研究工作都象钟表一样准确。他发明了制做花粉薄片的冰醋酸处理法，处理的薄片一排排都排列在标本盒里。他的工作台几乎成了一个显微镜摄影台。我是1956年去访问那里的，当时还没有扫描电子显微镜，是用普通光学显微镜从事研究的。在他编著的

《花粉形态》原文书上，把被子植物各科各种的精美漂亮的图示按照 A、B、C 的顺序排列起来，并附有图解说明；而把裸子植物和苔藓、蕨类孢子另订一册。他培养了许多学者。至今在瑞典花粉分析和花粉形态研究方面还拥有众多的一流学者。

挪 威

挪威的首都是奥斯陆。而做为花粉学家的代表人物克诺特、番古里教授并不居住在奥斯陆，而是居住在挪威的第二大城市卑尔根大学。他是花粉分析方面的权威人物，也是著名的生态学家。

连接斯堪的纳维亚半岛的斯德哥尔摩、奥斯陆、卑尔根建了一条横穿半岛的铁路，这条铁路大体上是沿着北纬60度的方向延伸的。由于那里的地理位置不象日本这样靠南，植被非常简单，化石花粉的种类单纯。如果是大学的学生就可以按照教科书上的图版把所有的花粉和孢子种类鉴定出来，因为在那从事花粉分析是一件非常容易让人感兴趣的事。前面提到的横穿半岛的铁路附近就是花粉分析的绝好地点。

卑尔根大学的教室是和博物馆及资料室相连在一起的。夫里乔夫、南森博士曾在这里学习过，南森博士曾乘《弗雷姆》号（挪）去北极探险，为后来挪威从瑞典独立出来创造了机会。特别是由于他援助了3300万难民而荣获了诺贝尔和平奖，成为北方的巨人。他活跃的时代正是明治中期，他曾在奥斯陆大学攻读生物学。遗憾的是当时花粉学还鲜为人知，没能在他的北极探险中起到应有的作用。现在《弗雷姆》号已被精心保存在奥斯陆的弗雷姆博物馆中。

英 国

英国花粉学的一个中心人物是剑桥大学的高德温教授，他专门从事时代较新的第四纪（从150万年前开始）的花粉分析。剑桥和牛津是两个并列的大学城，从伦敦乘走读列车大约一小时就到了，出站后再走20分钟的路程就来到了大学街的中心。那里有一些被称之为学院或专科大学的小型的但负有盛名的大学，备有宿舍等设施，剑桥大学就是其中的一个。有一条河流穿过城市的中心。由于有许多国家的留学生前去留学，他的研究室中准备了大量的标准标本。英国过去在世界各地拥有殖民地，可以很容易地从世界其它地区采集到植物标本，至今一些好的标本仍保存在木本植物标本馆中。在英国古代的传统中，掘说这是期待着现出类拔萃的后起之秀。英国的花粉学可以说是重视基础的应用科学。有一位埃库林先生，也在高德温研究室里工作，他自己可以自由地使用电子显微镜。他在花粉的发生和形态方面完成的报告和摄影都是非常出色的。

法 国

法国国立自然科学博物馆，位于巴黎市中心附近的塞纳河畔，花粉研究所是博物馆附属机构之一。1955年我在这里用了一年的时间研究了针叶树，特别是罗汉松科的花粉。研究所所长是一位女博士，名叫道莱诺·巴·卡博，她是古老的图卢兹大学高森教授的弟子，专门从事松科花粉的研究，是一位形态学家。图卢兹大学位于比莱内区。巴黎的学风提倡学术自由，尊重个人的独特见解。她的研究成果之一是用实验证明了铁杉和其它冷杉等属间杂属的存在，是从花粉的形态方面考虑出的一个巧妙的思路。在有气囊的花粉和无

气囊的花粉之间是金毛铁杉的小气囊花粉（第35讲）。并且，从花粉的形态考虑到花粉的分类系统，也是法国人的独到之处。法国人有一种推崇百科辞典的精神癖好，把一个个即使没有什么太大意义的资料大量收集起来，进行综合判断，就会发现一些新的重要的东西。另外，他们还制定了非洲撒哈拉沙漠花粉分析的宏大規模的研究计划。

我每天早晨从巴黎的大学城乘公共汽车去研究所，当公共汽车奔驰在美丽的大街上，从车内向外望去，感到无比的惬意；中午12点回到大学城日本馆的个人房间；吃过午饭，下午2点钟再去研究所；傍晚5点钟又乘公共汽车回来。巴黎位于北纬50度，在日本看来相当于古时候的卡拉法特的中央位置。冬天到了9点15分太阳才慢慢升起，傍晚4点半，天已经悄悄黑下来了。冬天可以冷到零下25°C，到了夏天也很凉爽，可以有充沛的精力进行学习。巴黎是一个艺术之城，也是科学之城。

98. 美国和苏联的花粉学

美 国

美国是一个幅员辽阔的国家，同时也拥有来自世界各地的众多的花粉学者。现在的广岛大学教授塙田松雄博士曾在美国的华盛顿大学任教授，他是我在大阪市立大学时候的学生，曾教授花粉形态学，他的专业是花粉分析，是一位充分掌握了基础理论的应用学者。他从玉米和木本科的花粉分析入手，把花粉学应用于人类学、考古学，进行文化史方面的研究，探讨地球上古老的居民们是在什么地方从什么时候开

始最早从事农田耕种的。他写的一本新书《花粉漫话》已由岩波出版。象这样重视花粉学的应用是美国花粉学的特色；而在基础形态和系统研究方面就显得有些欠缺。不过，渥德郝斯1935年写的一本专著《花粉》是一本最古老的经典读物，对于形态、系统都有精辟的论述。我反复读过这本书，象“Y”印痕（第37—39讲）等方面的内容，也是从这本书中深受启发所得。

在美国的应用花粉学中颇有起色的是花粉症的研究。美国的空中花粉观察的机构堪称世界第一。并且，为了治疗花粉症，在花粉的采集、花粉试剂的研制、花粉症的预防及治疗等方面也是第一流的。变态反应方面的医生对治疗花粉症都有很高明的医术。他们编著的用于诊断的教科书和资料已成为日本医生的很有价值的参考书，我也曾从中收益不浅。特别是专门为医生制做的引起花粉症的孢子花粉的幻灯片，为空中花粉的观察提供了极大的方便。我也曾和变态反应的病友们一起出了一本《花粉变态反应》一书（北隆馆）。

苏联

苏联的科学家是以国家的需要为目的，以饱满的热情，发挥着集体的威力。象曾经为调查西伯利亚冻土带这一课题所做的花粉分析，以世界海底地质资源及地质调查为目的的花粉分析。从事这些协作工作的有，莫斯科大学的斯拉特考夫教授和列宁格勒的科马罗夫研究所的克朴里亚诺巴博士，还配有世界上最强大的海底调查船队。无论从那方面说，都是世界一流的第一流的（第78，79讲）。

因此他们不得不经常写出一些和调查有关的报告。很少象日本和法国那样可以研究自选课题。不过，大学的教授和

专家可以受到特别的关照和爱护，工资远比日本的大学教授高，在社会上更加受到尊敬。只是每年都要交出大量的报告，也出一些有关花粉的教科书和参考书。如果看一下花粉学者的名单就有200人以上，这些人如果全部从事研究工作，应该能写出大量的相当可观的研究报告的。但是由于发表成果受到限制，详细的资料几乎无法公开发表。1977年（昭和52年）正月，我去印度的勒克瑙参加第四届国际花粉学术会议，见到了许多苏联花粉学者，值得称道的是有许多女花粉学家。

99. 日本和印度的花粉学

日本

在花粉学的研究中日本人也做了相当多的工作。早在1896年（明治29年），平瀬作五郎就在银杏的花粉管中发现了活动的精虫，一时轰动了整个世界，因为在植物体中还存在着可以自由游动的精虫，这是以前任何人都无法想像的。到了1897年，池野成一郎又发现在苏铁植物中也存在着精虫（第58讲）。曾在欧洲留过学的花粉学者把花粉分析的方法带到日本，从此开始了一个以花粉分析为主流的时代。不过到了战后，以花粉形态、生理为特点的各个研究领域的工作都已逐渐开展起来。对于花粉病的症状，20年来引起了广泛的重视，得到特别的关注，可以和医生合作的有关领域很快地盛行起来，特别是以对付花粉症为目的的空中花粉观察更是经久不衰。在研究空中花粉的时候，为了鉴定到属，掌握花粉形态方面的知识已成为绝对必要的手段。现在变态反应医生也可以自己调查空中花粉了。花粉学习的基础是从形态开

始的，无论是谁，只有充分掌握了花粉的形态之后，才有可能涉及到生理生态方面的研究。

过去是用普通光学显微镜来观察花粉形态的，现在可以利用扫描电子显微镜观察到最准确的花粉形态，并且还可以把这种图像准确地摄制下来，以便精心研究。遗憾的是这种电子摄像照片实在太少了，在今后的研究中要把这项工作作为一个目标。过去用普通光学显微镜摄制的照片无论如何都不能拍出如此详细的构造和景深来。

还有一项成果，就是诱使花粉发芽生长成植物体，例如让烟草的花粉长出幼芽，长成植物体后再让它开花。这方面的研究也是日本人的绝技之一（第75讲）。并且在授粉生理、柱头反应等方面可以说都有着出色的研究成果。日本花粉学会是1961年成立的，每年出两期杂志，会员约150人，这些人是日本花粉界的栋梁。我担任这个学会的会长，整天忙忙碌碌。另外在京都和东京各有一个花粉研究会在开展工作。

印 度

印度的花粉研究也很有起色，特别是在发生、形态、生理、花粉分析等方面都做了一定的工作。印度是一个古老的大陆地质体，作为化石学的一部分，花粉孢子的研究也颇有成效。从1976年12月到1977年1月在印度的勒克瑙萨尼古植物研究所召开了第四届国际花粉学会议，聚集了全世界的花粉学者。萨尼是有名的古生物学家，他所在的研究所在世界上也是颇有名气的。还有德里大学的麦埃修弗里教授是花粉培养方面的权威人物。印度的石油大臣深知石油和花粉的关系，到会讲了话，鼓励从事花粉学的研究。我参加这个会议

受益非浅。这个会议每四年召开一次，是花粉学界最重要的一个会议。

100. 结 束 语

读了这本书之后，对于花粉多少该有所了解了吧，是不是对花粉发生兴趣了呢？如果有人还想了解一些更加详细的内容，可以读一下我写的《花粉学研究》一书。这本书只不过写了有关花粉的极小部分内容，尽管如此，我还是以能向大家介绍一点有趣的知识而感到高兴。或许将来你们当中有那一位能在花粉学的研究中做出出色的成绩或有新的发现呢，想到这些，我就兴奋不已。

我之所以这样迷恋于花粉，是因为它具有许多难解之谜，剩下来的这些谜，等待着大家来揭谜底了。我幻想着，假如我能够变成一个很小很小的小人，我就乘坐花粉高高地飞向天空，还要去漫游大海，还想到花粉管中游览一番，再找昆虫谈谈心，那样一定太有意思了。我认为学问就是“乐问”，就是要解决有趣的问题，这本书的副标题写的是《有趣的入门书》，就是这个意思。

我从学生时代开始至今从事花粉的学习研究已有四十多年了，能写出这么一本书是感到相当欣慰的。当然在写这本书的过程中，也承蒙许多人的关照，在此深表谢意。



S0014884

收到期

89.3.11

来源

北大书店

书价

1.76

单据号

189218

开票日期

24798

58.322

115

花卉百话

1988年

借者 还期 借者 还期

小/物 88.3.23. 26

严志坚 92.11.6

甘雨生 93.2.23

甘雨生 93.2.23 8

分类 | 编号

58.322

登记号

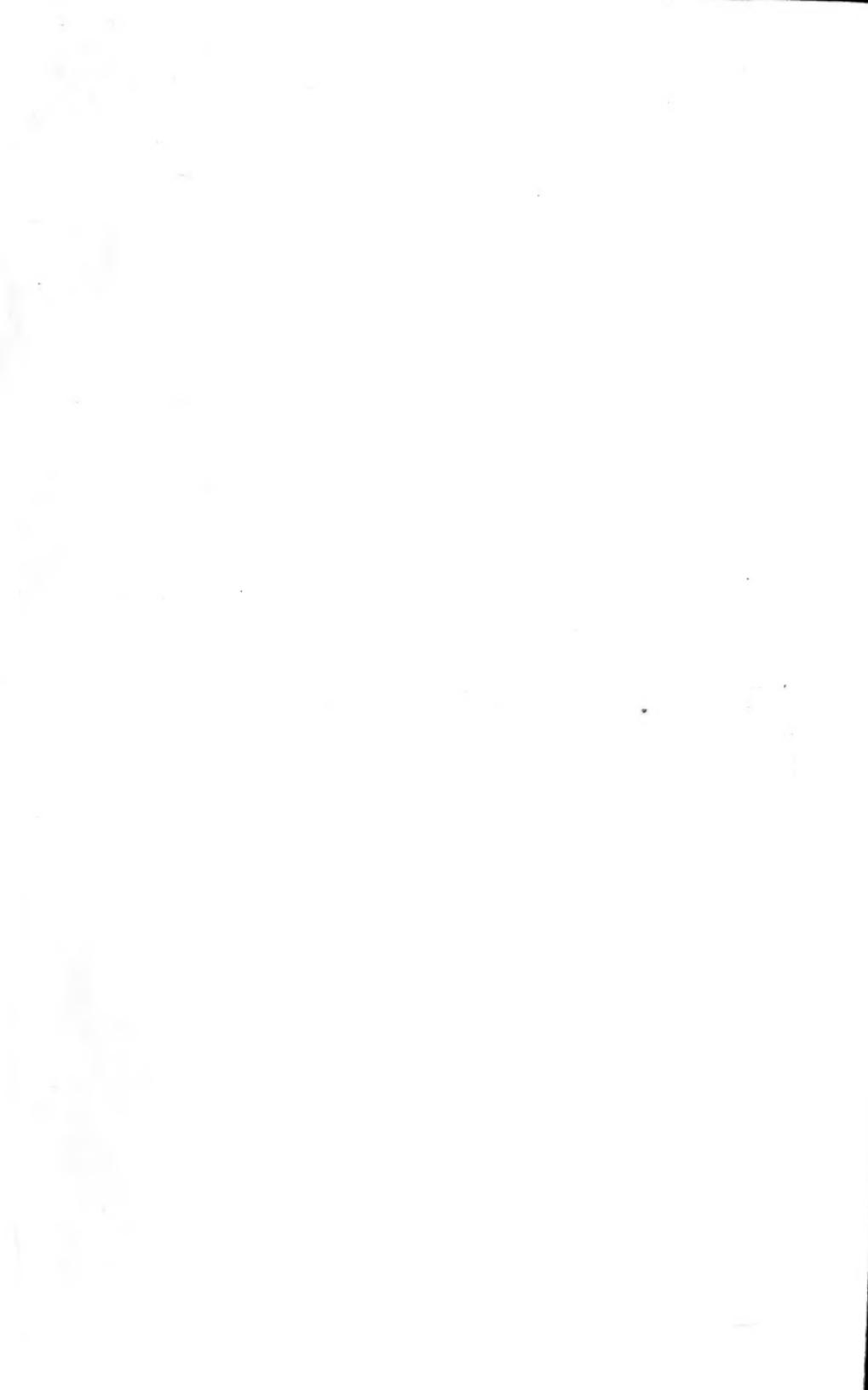
115

24798

读者注意

- 爱护公共图书切勿任意卷折和涂写，损坏或遗失照章赔偿。
- 请在借书期限前送还以便他人阅读请赐予合作。

成1106-1



封面设计：张希广

ISBN 7-301-00279-3/Q-00

定 价： 1.76 元